

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

**STROJARSKI ODJEL**

Specijalistički diplomski stručni studij strojarstva

Zoran Žalac

# **Biogoriva u prometu i ekološki doprinos**

**ZAVRŠNI RAD**

Karlovac, 2015.

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

**STROJARSKI ODJEL**

Specijalistički diplomski stručni studij strojarstva

Zoran Žalac

# **Biogoriva u prometu i ekološki doprinos**

**ZAVRŠNI RAD**

Mentor: prof.dr.sc. Ljubomir Majdandžić

Karlovac, 2015.



## **VELEUČILIŠTE U KARLOVCU STROJARSKI ODJEL**

Specijalistički diplomski stručni studij strojarstva

Usmjerenje: Strojarske konstrukcije

Karlovac, 01.04.2015.

### **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: Zoran Žalac

Matični broj: 011411019

Naslov: **BIOGORIVA U PROMETU I EKOLOŠKI DOPRINOS**

Opis zadatka:

Radom je potrebno da student opiše dobivanje biogoriva iz biomase te procese pretvorbe biomase u konačne nosioce energije. Potrebno je opisati načine dobivanja i vrste biogoriva, kao i načine korištenja biogoriva u prometu.

Također je potrebno dati utjecaj različitih vrsta biogoriva (biodizela, bioetanola, biometanola i dr.) na performance motora s unutrašnjim izgaranjem.

U drugom dijelu zadatka potrebno je dati ekološki doprinos korištenja biogoriva u prometu glede smanjivanja stakleničkih plinova i onečišćenja okoliša.

Na kraju je potrebno prikazati mogućnosti proizvodnje biogoriva u svijetu i koje zemlje Europske unije prednjače u korištenju biogoriva u prometu. Također je potrebno prikazati mogućnosti proizvodnje biogoriva u Hrvatskoj.

Zadatak izraditi i opremiti sukladno Pravilniku o diplomskom ispitu VUK-a.

Zadatak zadan:  
01.04.2015.

Rok predaje rada:  
23.06.2015.

Predviđeni datum obrane:  
30.06.2015.

Mentor:

Prof. dr.sc. Ljubomir Majdandžić

Predsjednik Ispitnog  
povjerenstva:

Marijan Brozović, dipl.ing.

## **IZJAVA**

*Izjavljujem da sam ovaj završni rad izradio samostalno, koristeći se pritom znanjem stečenim na Veleučilištu u Karlovcu, stručnom literaturom, internetom te uputama i savjetima mentora, prof. dr. sc. Ljubomira Majdandžića.*

## **ZAHVALA**

*Zahvaljujem se svom mentoru, prof. dr. sc. Ljubomiru Majdandžiću na savjetima i uputama tijekom izrade ovog završnog rada. Također, zahvaljujem se svojim roditeljima, majci Zori i ocu Milanu, svojoj sestri Anamariji, kolegama sa posla te svim svojim prijateljima, na strpljenju i podršci tijekom obrazovnog perioda te u najtežim trenucima.*

Zoran Žalac

## **SAŽETAK**

U ovom završnom radu uz tumačenje pojma biomase, prikazani su i procesi pretvorbe biomase u krajnje nosioce energije. Osim toga, dana je i podjela biogoriva na generacije, ovisno o načinu proizvodnje i sirovini koju koriste.

Nakon toga, prikazan je utjecaj najznačajnijih vrsta biogoriva (biodizela i bioetanola) na performance motora (snaga, moment te potrošnja goriva) s unutrašnjim izgaranjem.

U drugom dijelu završnog rada opisan je doprinos biogoriva smanjenju emisija stakleničkih plinova kroz različite faze životnog ciklusa.

Zadnji dio rada prikazuje aktualnu te predviđenu proizvodnju biogoriva u svijetu i Europskoj uniji, kao i mogućnosti proizvodnje biogoriva u Hrvatskoj.

## **SUMMARY**

In this final thesis along with the explanation of the biomass term, as well are shown processes of biomass transformation into the final energy carriers. Besides that, the categorization of the biofuels, depending on the production method and used materials is also described.

Afterwards is shown the influence of the most important biofuels types (biodiesel and bioethanol) on the characteristics (power, torque and fuel consumption) of the internal combustion engine.

In the second part of the thesis is described biofuels contribution to the reduction of the greenhouse gas emissions through the different life cycle stages.

The last part of the thesis presents the actual and projected production of biofuels in the world and in the European Union, with the possibilities of biofuels production in Croatia.

## Sadržaj

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA.....	3
IZJAVA.....	4
ZAHVALA .....	4
SAŽETAK.....	5
SUMMARY .....	5
1. Uvod .....	1
2. Biomasa – pojam i porijeklo sirovine .....	2
2.1. Biomasa – osnova za proizvodnju biogoriva .....	2
2.2. Najvažnije vrste izvora biomase.....	4
2.3. Procesi pretvorbe biomase u krajnjeg nosioca energije.....	5
3. Biogoriva.....	6
3.1. Biogoriva prve generacije.....	6
3.1.1. Biodizel .....	7
3.1.2. Biljno ulje.....	9
3.1.3. Bioplin.....	9
3.1.4. Etanol.....	10
3.2. Biogoriva druge generacije .....	12
3.2.1. Biohidrogen .....	13
3.2.2. Biometanol.....	13
3.2.3. Bio – DME.....	13
3.2.4. Fischer – Tropsch dizel .....	14
3.3. Biogoriva treće generacije.....	14
4. Korištenje biogoriva u prometu .....	17
4.1. Uloga prometa u ukupnoj potrošnji energije EU i svijeta.....	18
4.2. Potrošnja energije u EU i svijetu u zavisnosti od vrste prometa.....	19
4.3. Projekcija godišnjeg rasta prometa ljudi u svijetu.....	20
5. Utjecaj biodizela na karakteristike motora sui .....	21
6. Utjecaj omjera biodizela i dizela na karakteristike motora sui.....	25
6.1. Promjene u emisijama u ovisnosti od omjera biodizela u gorivu .....	25
6.2. Karakteristike motora sui u ovisnosti od mješavine dizela i biodizela pri optimalnim kutovima ubrizgavanja.....	26
6.3. Utjecaj izvora sirovine za proizvodnju biodizela na promjenu emisija povećanjem udjela biodizela u mješavini sa dizelom .....	29
7. Utjecaj mješavina etanola i metanola sa benzinom na karakteristike motora sui .....	30
7.1. Karakteristike učinkovitosti motora .....	31

7.2.	Karakteristike emisije motora .....	39
8.	Utjecaj biogoriva na emisije stakleničkih plinova i klimatsku stabilnost .....	40
8.1.	Proizvodnja sirovina i žetva.....	47
8.1.1.	Promjena zemlje.....	47
8.1.2.	Upravljanje usjevima .....	51
8.1.3.	Odabir sirovina .....	53
8.1.4.	Žetva .....	55
8.2.	Rafiniranje sirovina u biogoriva .....	56
8.3.	Prijevoz sirovina i goriva.....	57
8.4.	Izgaranje .....	58
9.	Proizvodnja biogoriva u svijetu i EU.....	59
9.1.	Proizvodnja biogoriva u svijetu .....	60
9.1.1.	Etanol.....	60
9.1.2.	Biodizel .....	61
9.1.3.	Hidroobrađeno biljno ulje (eng. hydrotreated vegetable oil).....	62
9.1.4.	Projekcija proizvodnje biogoriva do 2030. godine .....	63
9.2.	Proizvodnja biogoriva u Europi.....	66
10.	Potencijal proizvodnje biogoriva u Hrvatskoj .....	68
10.1.	Postrojenja za proizvodnju biogoriva u Republici Hrvatskoj .....	75
10.1.1.	Postrojenja u pogonu.....	76
10.1.2.	Postrojenja u fazi planiranja.....	77
11.	Zaključak.....	78
	LITERATURA.....	79
	POPIS TABLICA.....	81
	POPIS SLIKA .....	81

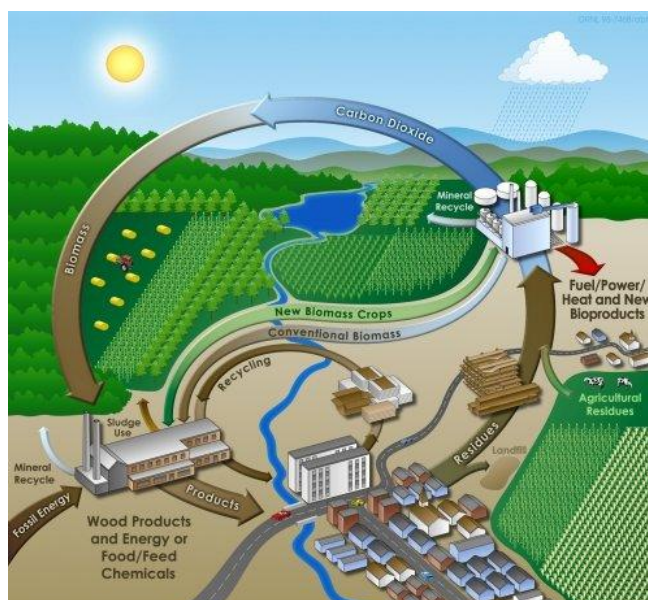
# 1. Uvod

Društveni razvoj i napredak, poboljšanje kvalitete života kao i energija moderne civilizacije počiva na fosilnim gorivima kao primarnim izvorima.<sup>1</sup>

Ograničene količine nafte, svjetska ekonomska kriza, sve jasnije negativne klimatske i ekološke promjene u prirodi te stanje u poljoprivredi potaknule su najveće svjetske sile da se okrenu poticanju i promicanju alternativnih obnovljivih izvora energije u što svakako spada proizvodnja goriva iz poljoprivrednih proizvoda (biogoriva) dobivenih posredno kao biljni produkt ili neposredno iz industrijskog, komercijalnog, domaćeg ili poljoprivrednog otpada.<sup>2</sup>

Među višestrukim pozitivnim efektima korištenja biogoriva kao što su značajan ekonomski i gospodarski rast, razvoj ruralnog kraja, smanjenje ovisnosti o fosilnim gorivima, povećanje energetske samostalnosti i sigurnosti opskrbe te povećanje energetske raznolikosti, prevladavajući faktor bio bi smanjena emisija stakleničkih plinova. Uspoređujući biogoriva sa fosilnim gorivima možemo reći da su ona CO<sub>2</sub> neutralna odnosno da imamo zatvoreni CO<sub>2</sub> krug s obzirom da ukupnu količinu CO<sub>2</sub> koji se oslobodi prilikom izgaranja i samog procesa pretvorbe, biljke putem fotosinteze i sunčeve energije ponovno apsorbiraju tijekom svoga rasta.

Slika 1. Biomasa i okoliš



<sup>1</sup> Virkes, T. (2007) *Biodizel u prometu kao čimbenik održivog razvoja u Republici Hrvatskoj*. Magistarski rad. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, str. 1.

<sup>2</sup> Rozman, V., Kiš, D., Kralik, D. (2009) *Gorivo iz poljoprivrednih proizvoda za i protiv*. Osijek: Poljoprivredni fakultet u Osijeku, str. 1.



## **2. Biomasa – pojam i porijeklo sirovine**

### **2.1. Biomasa – osnova za proizvodnju biogoriva**

Pojam biomasa (eng. biomass, njem. biomasse) je skraćenica pojma „biološka masa“, a odnosi se na donedavno živeće proizvode biljnog i/ili životinjskog svijeta, a u Hrvatskom Saboru je definirana kao: „Biomasa je biorazgradivi dio proizvoda, otpada i ostataka proizvedenih u poljoprivredi (uključujući tvari biljnoga i životinjskoga podrijetla), u šumarstvu i srodnim industrijama, kao i biorazgradivi dio industrijskoga i komunalnoga otpada“.<sup>3</sup>

U godinama prošlog stoljeća, prije nego što je pitanje globalnog zagrijavanja potaknuto izgaranjem fosilnih goriva postalo pitanje opstanka čovječanstva, glavni problem je bila spoznaja o ograničenosti dobave fosilnih goriva. Tada se smatralo da ako se pronade način da se ugljikovodici proizvedu na brži i/ili drugi način, time bi bez puno problema riješili naše potrebe za izvorima energije. Ovo nas je dovelo do glavnog razlikovnog faktora između biogoriva i fosilnih goriva, a to je obnovljivost.

Biomasa se smatra obnovljivim izvorom energije koji se temelji na ugljikovom ciklusu za razliku od ostalih prirodnih izvora energije (nafta, ugljen, itd.) čije formiranje traje milijunima godina.<sup>4</sup>

Obnovljivost se temelji na činjenici da se biomasa može proizvoditi godinu za godinom korištenjem održivog poljoprivrednog procesa.

Isto tako važno je naglasiti da „obnovljiva energija“ ne znači isto što i „zelena energija“. Solarna energija je primjer „zelene energije“, te možemo reći da je sva „zelena energija“ obnovljiva, međutim nije sva „obnovljiva energija“ zelena, čemu je razlog emitiranje stakleničkih plinova tijekom procesa pretvorbe i korištenja iste.<sup>5</sup> Sama količina stakleničkih plinova koja se emitira u atmosferu uvelike ovisi o procesu pretvorbe biomase u krajnji energent koji se dalje isporučuje korisnicima.

---

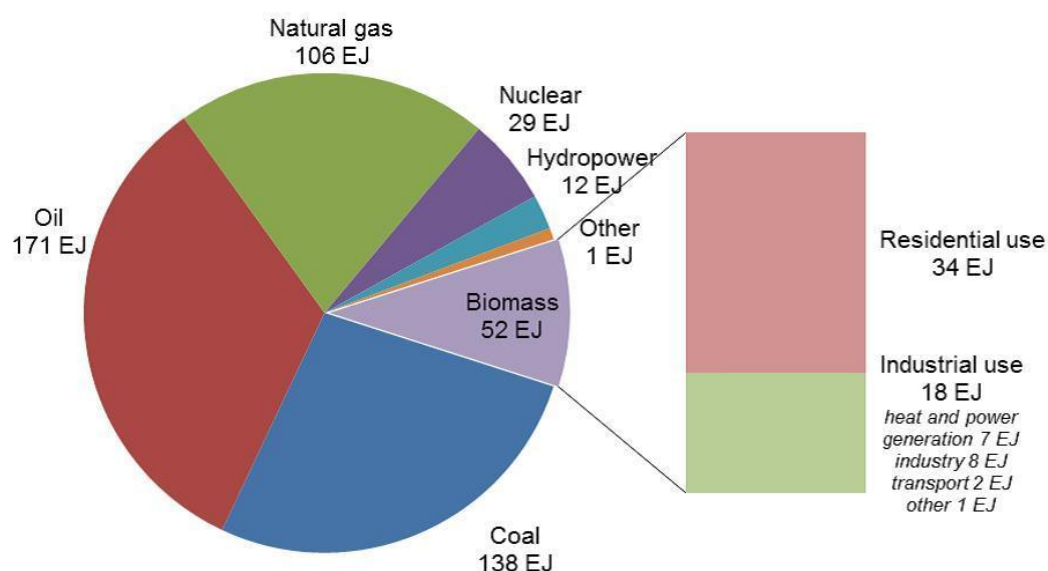
<sup>3</sup> Dostupno na: <http://www.izvorienergije.com/biogoriva.html>

<sup>4</sup> Ibid.

<sup>5</sup> Dostupno na: <http://biofuel.org.uk>

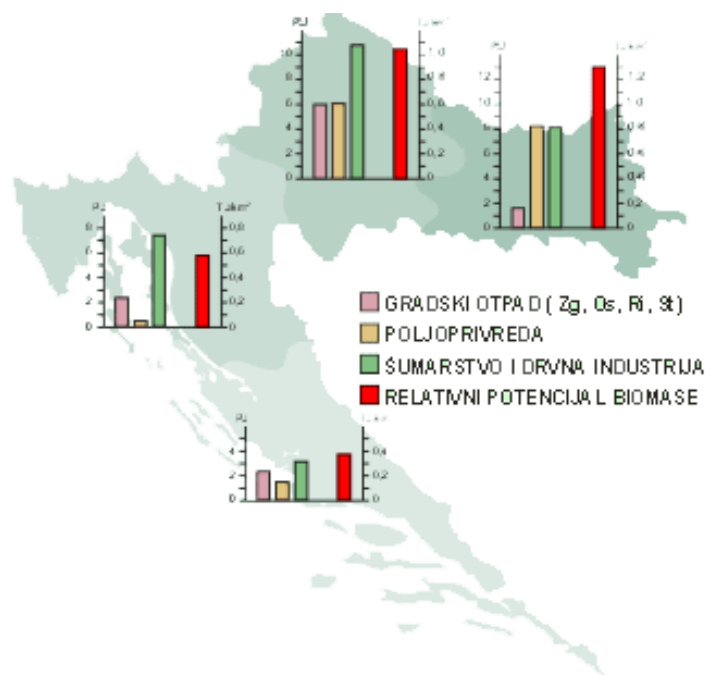
Predviđanja ukazuju da će do sredine stoljeća u svijetu udio biomase u globalnoj potrošnji energije iznositi između 30 i 40 posto.<sup>6</sup>

Slika 2. Udio biomase u globalnoj potrošnji energije u 2013. godini.



Za razliku od zapadnih zemalja, u Hrvatskoj u ovome trenutku sustav optimalnog iskorištavanja bioenergije još uvijek nije dovoljno razvijen.

Slika 3. Potencijal bioenergije u Hrvatskoj po regijama



<sup>6</sup> Dostupno na: <http://www.izvorienergije.com/bioenergija.html>

## 2.2. Najvažnije vrste izvora biomase

Prema tome da li se radi o planskome uzgoju ili se radi o otpadu, podjela može biti sljedeća<sup>7</sup>:

### A) Biomasa uzgajana za dobivanje energije:

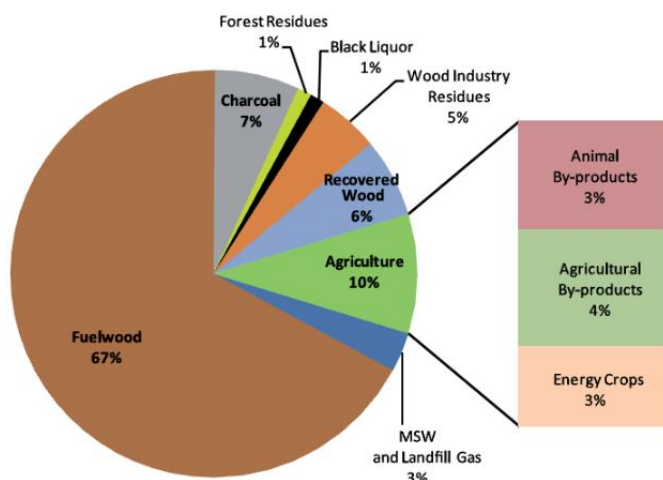
- brzorastuće drveće
  - vrba
  - topola
  - eukaliptus
- šećerne vrste
  - šećerna repica, trska i proso
  - slatki sirak
- škrobne vrste
  - kukuruz
  - žitarice (pšenica, ječam)
- uljne vrste
  - uljana repica
  - suncokret

### B) Organski ostaci:

- drvni otpad
  - održavanje šuma
  - obrada drvenih proizvoda
  - građevinski i drugi ostaci
- poljoprivredni ostaci i otpad
  - slama
  - gnoj
- životinjski ostaci i otpad
- organski dio javnog krutog otpada
- kanalizacijski talog
- industrijski ostaci
  - prerađivačka hrana
  - prerađivački papir

Najčešće se koristi drvna biomasa nastala kao ko-proizvod ili otpad te ostaci koji se više ne mogu koristiti, kao gorivo u postrojenjima za proizvodnju električne i/ili toplinske energije ili se prerađuje u plinovita ili tekuća goriva za potrebe transporta ili grijanja u kućanstvima.<sup>8</sup>

Slika 4. Porijeklo biomase korištene kao izvor energije



<sup>7</sup> Šimić, D. (2010) Korištenje energije biomase za proizvodnju el. energije (topline i goriva). Zagreb: Fakultet elektrotehnike i računarstva. Dostupno na: <http://oie.mingorp.hr/UserDocsImages/Biomasa%20prezentacija.pdf>

<sup>8</sup> Vinčić, S., Špalj, N., Supićić, M. (2011) *Biogoriva*. SeminarSKI rad. Rijeka: Pomorski fakultet u Rijeci, str. 4.

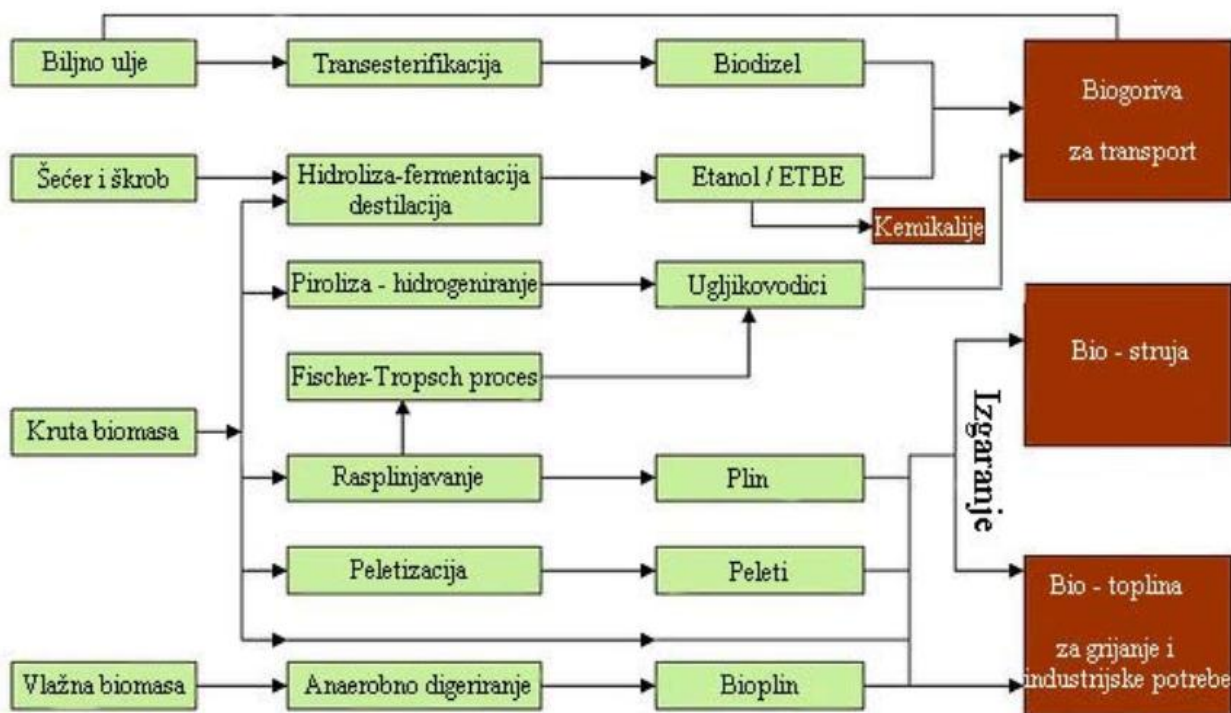
### 2.3. Procesi pretvorbe biomase u krajnjeg nosioca energije

Proces pretvorbe biomase može se odvijati na više različitih načina. Direktno izgaranje je metoda kojom se dobiva toplinska i električna energija za industrijske i kućanske potrebe.

Pored izgaranja koriste se još i biokemijski procesi (fermentacija, alkoholna ili anaerobna razgradnja) te termokemijski procesi (piroliza i rasplinjavanje) koji biomasu konvertiraju u razne vrste krutih, tekućih ili plinovitih produkata i goriva koji se mogu koristiti za daljnju proizvodnju energije. Tako dobivena energija svoju najveću primjenu nalazi u transportnom sektoru, dok se puno rjeđe koristi u procesima proizvodnje toplinske i električne energije.<sup>9</sup>

Na niže prikazanoj slici može se vidjeti proces pretvrbe biomase u različite oblike energije različitim termokemijskim i biokemijskim procesima.

Slika 5. Procesi pretvorbe biomase



<sup>9</sup> Ćosić, B. (2008) *Analiza potencijala izgradnje energetskih postrojenja loženih različitim tipovima biomase u Hrvatskoj i odabir lokacija*. Diplomski rad. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, str. 10.

### 3. Biogoriva

Biogoriva su kapljevita ili plinovita goriva proizvedena iz biomase za potrebe prijevoza, a danas se smatraju važnim sredstvom smanjenja štetnih plinova koji se ispuštaju u atmosferu te alternativom neobnovljivim fosilnim gorivima. Prema načinu proizvodnje i sirovini koju koriste biogoriva se mogu podijeliti na 3 generacije.

#### 3.1. Biogoriva prve generacije

Sirovinu za proizvodnju biogoriva prve generacije čine uglavnom prehrambeni usjevi. Biogorivo u konačnici potječe od škroba, šećera i biljnoga ulja kojega ove kulture pružaju te životinjske masti. Kukuruz, pšenica te šećerna trska su najraširenije sirovine za proizvodnju biogoriva prve generacije.<sup>10</sup>

Tabela 1. Prva generacija biogoriva:

Vrsta biogoriva	Specifični naziv	Sirovina	Proizvodni proces
Bioetanol	Konvencionalni bioetanol	Šećerna repa i zrno žitarice	Hidroliza i fermentacija
Biljno ulje	Čisto biljno sirovo ulje	Uljarice (npr. uljana repica)	Hladno prešanje / ekstrakcija
Biodizel	Biodizel od biomase RME – metilni ester repičina ulja FAME – metilni ester masnih kiselina FAEE – etilni ester masnih kiselina	Uljarice (npr. uljana repica)	Hladno prešanje / ekstrakcija i transesterifikacija
Biodizel	Biodizel iz otpadnoga jestivog bioulja (FAME/FAEE)	Otpadno ulje iz friteza, životinjske masnoće	Transesterifikacija
Bioplin	Pročišćeni bioplin	Biomasa i stajski gnoj	Fermentacija
Bio-ETBE	Etil-ter-butil-eter bioetanol	Bioetanol	Kemijska sinteza

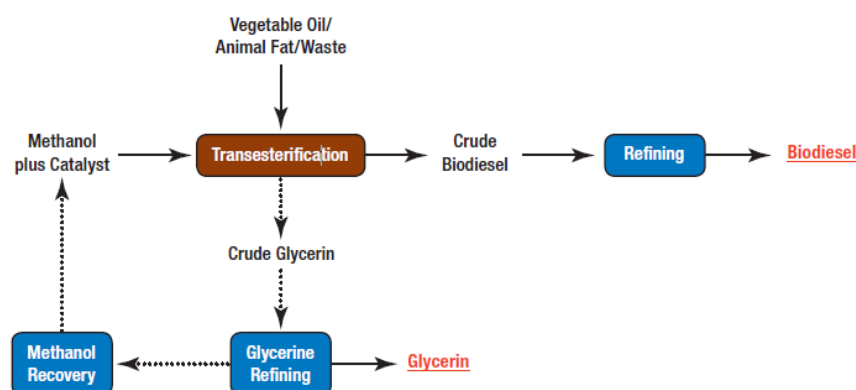
<sup>10</sup> Dostupno na: <http://biofuel.org.uk/first-generation-biofuel.html>

### 3.1.1. Biodizel

Biodizel je općeniti naziv za gorivo dobiveno korištenjem bioloških izvora koje se može koristiti u nemodificiranim dizelskim motorima. Biodizel je zapravo komercijalni naziv za metil-ester (ME; kemijski spoj dobiven putem transesterifikacije) koji se nalazi na tržištu tekućih goriva te se kao takav prodaje krajnjim korisnicima. Osnovne karakteristike biodizela jesu da je to standardizirano tekuće nemineralno, neotrovno i biorazgradivo gorivo koje predstavlja nadomjestak za fosilno gorivo (dizel).<sup>11</sup>

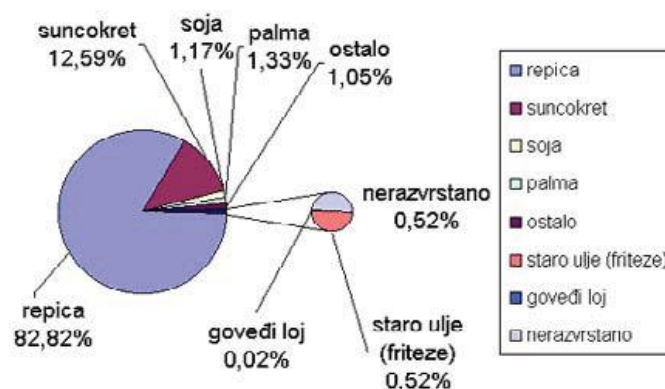
Esterifikacijom se naziva reakcija biljnog ulja (uljana repica, suncokret, soja, palma, ricinus itd.) ili životinjske masti s metanolom u prisutnosti katalizatora pri čemu kao sporedni proizvod nastaje glicerol.

Slika 6. Proces esterifikacije



U Europi se za proizvodnju biodizela najčešće koristi ulje uljane repice (82,8%) te ulje suncokreta (12,5%), u Americi se pak najčešće za proizvodnju koristi sojino ulje, dok se u azijskim zemljama upotrebljava i palmino ulje.

Slika 7. Sirovine najčešće korištene za proizvodnju biodizela u Europi



<sup>11</sup> Vinčić, S., Špalj, N., Supićić, M. op. cit., str. 12.

Biodizel je po svojim energetske sposobnostima gotovo jednak konvencionalnom dizelu, međutim ima puno bolju mazivost što znatno produžava vijek trajanja motora. Njegova najistaknutija osobina je smanjena emisija stakleničkih plinova. Ukupna emisija CO<sub>2</sub> (g/km) biodizela ovisi o korištenoj sirovini; za biodizel dobiven preradom suncokreta emisije iznose oko 50 g/km, za biodizel dobiven preradom uljane repice emisije iznose oko 110 g/km, dok je ona čak i negativna rabi li se za proizvodnju biodizela otpadno jestivo ulje. Usporedbe radi, kod klasičnog dizela ukupna emisija CO<sub>2</sub> iznosi oko 220 g/km. Pored toga valja naglasiti da dolazi do smanjenja emisije CO za 42,7 %, ugljikohidrata za 56,3 %, krutih čestica za 55,3 %, toksina za 60 do 90 % uz potpunu eliminaciju sulfata.<sup>12</sup>

Većina današnjih vozila koristi motore koji na zahtijevaju nikakve preinake za upotrebu biodizela. Biodizel je isto tako dobro otapalo koje čisti ostatke fosilnog dizela te se stoga u slučaju njegove upotrebe preporučuje češće mijenjati filtere goriva.<sup>13</sup>

Biodizel je lakše zapaljiv zbog višeg cetanskog broja, a zbog svoje biorazgradivosti gotovo je potpuno neopasan za okoliš, jer dospjevši u tlo razgrađuje se nakon 28 dana. U slučaju da nafta tijekom manipulacije ili transporta dospije u vodu, jedna litrom zagadit će se gotovo milijun litara vode, dok kod biodizela takvo zagađenje ne postoji, jer se on u vodi potpuno razgradi već nakon nekoliko dana.

Nedostaci biodizela su moguća začepjenja injektora, visoka viskoznost, miris prženog ulja iz ispuha te manja energetska vrijednost (37,2 MJ/l ) od fosilnog dizela (42, MJ/l ) što uzrokuje veću potrošnju.

Proizvodnju biodizela karakterizira stvaranje čitavog niza ko-proizvoda od kojih je svakako najpoznatiji glicerol, korišten u farmaceutskoj i kozmetičkoj industriji (proizvodnja sapuna). Isto tako na kraju tehnološkog procesa kao ko-proizvod dobiva se i uljni mulj koji se koristi kao visoko kvalitetno gnojivo za različite kulture u ekološkoj poljoprivredi.

---

<sup>12</sup> Šljivac, D., Šimić, Z. (2009) Obnovljivi izvori energije: Najvažnije vrste, potencijal i tehnologija. str. 37.

<sup>13</sup> Brajdić, S., Fićor, S. (2011) *Korištenje biogoriva u kopnenom prometu (osobito u RH) – stanje i perspektiva*. Seminarski rad. Rijeka: Veleučilište u Rijeci - prometni odjel, str. 7.

### 3.1.2. Biljno ulje

Jestivo biljno ulje uglavnom se ne koristi kao gorivo, ali manje kvalitetno ulje se može koristiti za tu svrhu. Kako bi se osiguralo da ubrizgavač pravilno raspršuje gorivo, a sa ciljem da se omogući efikasno izgaranje, biljno ulje mora biti zagrijano da bi se smanjila viskoznost. Taj postupak je lakši u podnebljima sa toplijom klimom. Velike korporacije kao što su MAN, B&W Diesel, Wartsila i Deutz imaju u svojoj ponudi motore koji su prilagođeni za korištenje biljnoga ulja, a bez potrebe za dodatnim modifikacijama motora. Biljno ulje također mogu koristiti i starije izvedbe dizel motora, koji ne koriste uobičajen način ubrizgavanja goriva ili ubrizgavanje goriva pomoću elektronskog sustava.<sup>14</sup>

### 3.1.3. Bioplin

Bioplinom se naziva mješavina plinova nastala fermentacijom biorazgradivog materijala u okruženju bez prisustva kisika. Bioplin je mješavina metana ( $\text{CH}_4$ ) sa udjelom od oko 40 do 75 %, ugljikovog dioksida ( $\text{CO}_2$ ) sa udjelom od oko 25 do 60 % te otprilike 2 % ostalih plinova (vodika  $\text{H}_2$ , sumporovodika  $\text{H}_2\text{S}$  i ugljikovog monoksida  $\text{CO}$ ). Bioplin je oko 20 % lakši od zraka, bez boje je i bez mirisa, temperatura zapaljenja mu se kreće između 650 i 750°C, a gori čisto plavim plamenom. Kalorijska vrijednost bioplina je oko 20 MJ/Nm<sup>3</sup> te gori sa oko 60 %-om učinkovitošću u konvencionalnoj bioplinskoj peći.<sup>15</sup>

Za proizvodnju bioplina koristi se biorazgradivi dio organskog otpada kao što je stajski gnoj, talog iz proizvodnje jestivih ulja i masti, pljeva ili prašina žitarica, različiti biljni materijali, ostaci kruha i tijesta, kvasac, škrobni talog, klaonički otpad, otpaci kuhinja i kantina, trava itd.<sup>16</sup>

Razlikujemo dva osnovna tipa organske digestije (razgradnje): aerobna (uz prisustvo kisika) i anaerobna (bez prisustva kisika). Svi organski materijali, bilo životinjski ili biljni, mogu biti razgrađeni u ova dva procesa, ali produkti će biti vrlo različiti. Aerobna digestija (fermentacija) proizvodi ugljični dioksid, amonijak i ostale plinove u malim količinama, veliku količinu topline i konačni proizvod koji se može upotrijebiti kao gnojivo. Anaerobna digestija proizvodi metan, ugljični dioksid, nešto vodika i ostalih plinova u tragovima, vrlo malo topline i konačni proizvod sa većom količinom dušika nego što se proizvodi pri

---

<sup>14</sup> Ibid.

<sup>15</sup> Šljivac, D., Šimić, Z. op. cit., str. 32.

<sup>16</sup> Rozman, V., Kiš, D., Kralik, D. (2009) Gorivo iz poljoprivrednih proizvoda za i protiv. Osijek: Poljoprivredni fakultet u Osijeku, str. 1.



aerobnoj fermentaciji. Takvo gnojivo sadži dušik u mineraliziranom obliku (amonijak) koje biljke mogu brže preuzeti nego organski dušik što ga čini posebno pogodnim za oplemenjivanje obradivih površina.<sup>17</sup>

Postrojenje koje služi za proizvodnju bioplina naziva se digestor. S obzirom da se u njemu odvijaju različite kemijske i mikrobiološke reakcije, poznat je i kao bioreaktor ili anaerobni reaktor. Glavna mu je funkcija da pruži anaerobne uvjete. Mora biti nepropustan za zrak i vodu. Može se napraviti od različitih materijala i različitih oblika i veličina, a to ovisi uglavnom o sirovini koju ćemo upotrijebiti. Sustavi namijenjeni za digestiju tekuće ili čvrste sirovine uglavnom se pune i prazne pomoću pumpi. Kompletni digestorski sustav se sastoji od jame za sakupljanje gnojiva, spremnika za miješanje, cijevi za odvođenje, digestora, spremnika i sustava za iskorištavanje plina. Dobiveni se bioplin najčešće koristi za dobivanje toplinske i/ili električne energije izgaranjem u kotlovima, plinskim motorima ili turbinama (korištenjem izmeta od 120 krava može se proizvesti dovoljno bioplina za pogon motora snage 50 kW, što je dovoljno za pokrivanje potreba za električnom energijom manjeg sela).

#### **3.1.4. Etanol**

Etilni alkohol ili etanol,  $C_2H_5OH$ , je prozirna, bezbojna tekućina, specifičnog okusa i karakterističnog ugodnog mirisa. Najčešće ga nalazimo u alkoholnim pićima poput piva, vina i konjaka. Zbog niske temperature ledišta koristi se kao tekućina u termometrima na temperaturi ispod  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-40\text{ }^{\circ}\text{F}$ ), te kao antifriz u automobilima.

Osnovne faze u procesu proizvodnje etanola su: priprema sirovine, fermentacija te destilacija etanola. Priprema sirovine je zapravo hidroliza molekula škroba enzimima u šećer koji može fermentirati. Uobičajena tehnologija za proizvodnju etanola je fermentacija u peći s običnim kvascem za proizvodnju 8 do 10%-tnog alkohola nakon 24 do 72 h fermentacije. Nakon toga slijedi destilacija tog alkohola u nekoliko faza čime se dobiva 95%-tni etanol. Za proizvodnju posve čistog etanola, kakav se koristi za miješanje s benzinom, dodaje se benzen i nastavlja destilacija te se dobiva 99,8%-tni etanol.<sup>18</sup>

Kao sirovina za proizvodnju etanola uglavnom se koriste šećeri (od šećerne trske, melase), škrob (od kukuruza) i celuloza (od drva, poljoprivrednih ostataka). Sirovine bogate šećerima

---

<sup>17</sup> Šljivac, D., Šimić, Z. op. cit., str. 33.

<sup>18</sup> Granić, G., ur. (1998) *Program korištenja energije biomase i otpada: Prethodni rezultati i buduće aktivnosti*. Zagreb: Energetski institut „Hrvoje Požar“, str. 53.

sadržavaju jednostavne šećere glukozu i fruktozu koji mogu fermentirati izravno u etanol što ih čini izuzetno atraktivnima. Sirovine bogate škrobom sadržavaju velike molekule ugljikovodika koje treba razložiti na jednostavne šećere procesom saharifikacije. To zahtijeva još jednu fazu u procesu proizvodnje što povećava troškove. Ugljikovodici u sirovinama bogatim celulozom sastavljeni su od još većih molekula i trebaju se konvertirati u šećere koji mogu fermentirati kiselom ili enzimatskom hidrolizom. Najznačajnije biljne vrste koje se uzgajaju za proizvodnju etanola su šećerna trska, slatki sirak, cassava i kukuruz.

Tabela 2. Prinos etanola iz raznih sirovina

Sirovina	Prinos etanola (l/t)	Prinos sirovine (t/ha)	Prinos alkohola (l/ha)	God. energija (GJ/ha)
Šećerna trska	70	50	3500	1350
Slatki sirak	86	35	3010	945
Kukuruz	370	6	2200	162
Drvo	160	20	3200	540

Etanol se može koristiti u motorima s unutrašnjim izgaranjem uz dodavanje benzinu ili kao njegova potpuna zamjena. Za dodavanje do 20% etanola u benzin nisu potrebne nikakve preinake ni zahvati na motoru, dok za dodavanje većeg udjela ili za pogon samo na etanol treba djelomično modificirati motor što poskupljuje cijenu takvih vozila za oko 5 do 10%.

### 3.2. Biogoriva druge generacije

Budući da prva generacija biogoriva može u jako malom postotku nadomjestiti svjetske potrebe za gorivom, razvija se tzv. druga generacija biogoriva.

Biogoriva druge generacije se između ostaloga nazivaju još i „napredna biogoriva“.<sup>19</sup> Ono što čini razliku između prve i druge generacije je činjenica da sirovine za proizvodnju biogoriva druge generacije su uglavnom neprehrambene kulture (šumska biomasa, kora drveta, lišće, trupci itd.) osim u slučaju kada se radi o sirovinama čija je prehrana uloga već iskorištena. Kao primjer se može navesti otpadno jestivo ulje koje više nije u mogućnosti zadovoljiti prehrambene zahtjeve čovjeka.

Tabela 3. Biogoriva druge generacije:

Vrsta biogoriva	Specifični naziv	Sirovina	Proizvodni proces
Bioetanol	Celulozni bioetanol	Lignocelulozni materijali	Hidroliza i fermentacija
Sintetska biogoriva	BTL – biomasa u gorivo FT – dizel dobiven postupkom Fischer-Tropsch Sintetski biodizel Biometanol Bio-DME – biodimetil eter	Lignocelulozni materijali	Uplinjavanje i sinteza
Biodizel (hibrid između 1. i 2. generacije)	Hidrogenirani biodizel	Biljna ulja i životinjske masti	Hidrogenacija
Bioplin	SNG (sintetski prirodni plin)	Lignocelulozni materijali	Uplinjavanje i sinteza
Biovodik	-	Lignocelulozni materijali	Uplinjavanje i sinteza

<sup>19</sup> Dostupno na: <http://biofuel.org.uk/second-generation-biofuels.html>

### **3.2.1. Biohidrogen**

Biohidrogen ima potencijal biti najzastupljenije biogorivo u budućnosti, s obzirom da je obnovljiv, ne uzrokuje emisije stakleničkih plinova tijekom sagorijevanja već oslobađa energiju, te se vrlo lako može pretvoriti u električnu energiju korištenjem čelija za gorivo. Za proizvodnju biohidrogena korištenjem fotosintetičkih mikroorganizama, potreban nam je jednostavan solarni reaktor uz neznatan energijski izvor. S druge strane, elektrokemijska proizvodnja biohidrogena uz pomoć solarnih baterija, zahtijeva poprilično jake energetske izvore. Danas razlikujemo nekoliko različitih procesa proizvodnje biohidrogena kao što su: biofotoliza vode pomoću mikroalgi ili cijanobakterija, proizvodnja biohidrogena uz pomoć određenih enzima (hidrogenaza, nitrogenaza), proizvodnja pomoću fotosintetskih bakterija, kombinacija fotosintetskih i anaerobnih bakterija kod proizvodnje. Sama proizvodnja biohidrogena je najzahtjevnija s obzirom na okoliš. Budućnost ovog procesa ovisi ne samo o poboljšanjima na temelju istraživanja, već i o ekonomskim zahtjevima, društvenoj prilagodljivosti i razvitku hidrogenskog energijskog sustava.<sup>20</sup>

### **3.2.2. Biometanol**

Biometanol također može biti proizveden iz sintetičkog plina, koji se dobiva iz biomase, te se može primjerice koristiti kao zamjena nafte pri paljenju motora na iskrnu zbog visokog oktanskog broja. Slično kao i kod bioetanola, prilikom upotrebe ovog goriva trebalo bi uzeti u obzir niski tlak isparavanja, nisku energiju gustoće kao i nekompatibilnost s materijalima u motoru. Otprilike između 10 do 20% biometanola pomiješanog s naftom može se koristiti u motorima bez potrebe za njihovom modifikacijom. S obzirom da biometanol gori nevidljivim plamenom i izuzetno je otrovan, prilikom njegovog korištenja zahtijevaju se stroge mjere opreza.<sup>21</sup>

### **3.2.3. Bio – DME**

Bio – DME (biodimetileter) je vrlo sličan biometanolu. Može se proizvesti direktno iz sintetičkog plina, koji je još uvijek u razvitku. U kemijskoj industriji, DME se proizvodi iz čistog metanola putem katalitičke dehidracije, procesa kojim se kemijski razdvaja voda od metanola. Ovakav metanol može se proizvesti iz ugljena, prirodnog plina ili biomase. Nerijetko se produkcija metanola i DME obuhvaća jednim procesom.

---

<sup>20</sup> Dostupno na: <http://www.izvorienergije.com/biogoriva.html>

<sup>21</sup> Ibid.

Tek u zadnje vrijeme se na DME počelo gledati kao na mogući izvor goriva. U prošlosti se koristio kao zamjena kloroflourkarbonu u sprejevima. Međutim, zbog niske temperature sagorijevanja te visokog cetanskog broja pogodan je kao gorivo u dizelskim motorima. Iako ne potiče koroziju metala (kao bioetanol i biometanol), DME djeluje na određene vrste plastike i gume nakon određenog vremena. Na sobnoj temperaturi je u plinovitom stanju, dok u tekuće stanje prelazi ukoliko je tlak iznad 5 bara ili na temperaturi nižoj od -25°C.<sup>22</sup>

#### **3.2.4. Fischer – Tropsch dizel**

Fischer – Tropsch procesom se naziva katalitička kemijska reakcija tijekom koje se ugljikov monoksid i vodik pretvaraju u tekući ugljikovodik različitih oblika. Pri tome se koriste tipični katalizatori kao što je željezo ili kobalt. Formula je:  $(2n+1)H_2 + nCO \rightarrow C_nH_{(2n+2)} + nH_2O$ . Primarni cilj Fischer – Tropsch procesa je produkcija sintetičke zamjene nafti, prvenstveno od ugljena ili prirodnog plina, a da bi se upotrijebila kao sintetičko ulje za podmazivanje ili sintetičko gorivo.<sup>23</sup>

### **3.3. Biogoriva treće generacije**

Pojam „treća generacija“ biogoriva se počinje spominjati odnedavno, a odnosi se na proizvodnju biogoriva korištenjem algi kao sirovine. Prije toga alge su bile smatrane sirovinom druge generacije, no s vremenom je postalo evidentno da alge imaju sposobnost daleko većih prinosa uz niža ulazna sredstva te su zbog toga svrstane u zasebnu (treću) kategoriju sirovina za proizvodnju biogoriva.<sup>24</sup>

Kada uspoređujemo proizvodne potencijale, potencijal niti jedne sirovine se ne može usporediti sa proizvodnim potencijalom algi u pogledu količine i raznolikosti. Alge rastu 50 do 100 puta brže od tradicionalnih kultura za proizvodnju biogoriva, ne zahtijevaju svježu pitku vodu i zemljište da bi rasli, mogu se uzgajati u odvojenim vodenim površinama čak iako voda nije dovoljno kvalitetna za piće, a također se mogu uzgajati i u slanoj vodi.

Raznolikost goriva koje alge mogu proizvesti rezultat su dvije karakteristike mikroorganizama. Prvo, alge proizvode ulje koje se lako može biti rafinirati u dizel ili u čak pojedine komponente benzina. A kao drugo i značajnije, genetskim manipulacijama algi može

---

<sup>22</sup> Dostupno na: <http://www.izvorienergije.com/biogoriva.html>

<sup>23</sup> Ibid.

<sup>24</sup> Dostupno na: <http://biofuel.org.uk/third-generation-biofuels.html>

se proizvesti široki spektar goriva sve od etanola i butanola pa čak do benzina ili dizelskih goriva izravno.

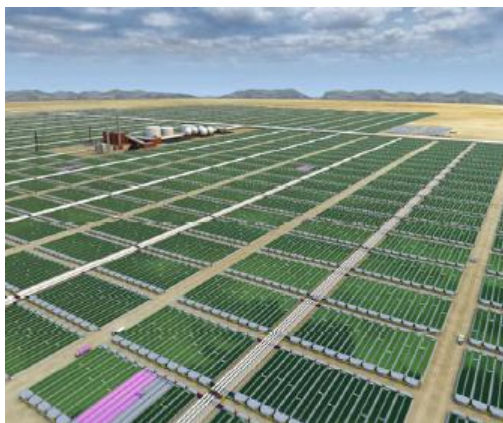
Proizvodnja butanola je od značajnog interesa zbog iznimno velike sličnosti sa benzinom kada govorimo o gustoći energije, a uz smanjenu emisiju štetnih plinova. Pojavom genetski modificiranih algi te u konačnici butanola kao krajnjeg produkta postoji mogućnost da će butanol u budućnosti jednim svojim dijelom zamijeniti etanol zbog činjenice da njegovim korištenjem ne dolazi do oštećenja motora, a ne zahtijeva gotovo nikakove modifikacije motora u slučaju da korisnik odluči butanol koristiti za pogon svoga vozila.

Goriva koja se mogu proizvesti upotrebom algi kao sirovina su:

- Biodizel
- Butanol
- Benzin
- Metan
- Etanol
- Biljno ulje
- Mlazno gorivo

Osim raznolikosti proizvodnje u prilog proizvodnji biogoriva korištenjem algi ide i činjenica o izrazito velikim prinosima (gotova 9000 galona biogoriva po jutru, iako se tvrdi da je moguće ostvariti i 20 000 galona po jutru). Neki podaci govore da bi samo 0.42% teritorija SAD-a bi bilo dovoljno da se zadovolje sve njihove potrebe za gorivom, što je iznimno značajan podatak ako promatramo SAD kao najvećeg svjetskog potrošača goriva.

Slika 8. Uzgoj algi na otvorenome



Slika 9. Uzgoj algi u zatvorenim sustavima (fotobioreaktori)



No, kao i svaki puta do sada, osim prednosti postoje i nedostaci uzgoja algi. Najveća mana im je što i kada su uzgajane u otpadnoj vodi zahtijevaju ogromne količine vode, zatim dušika i fosfora u toj mjeri da se prilikom proizvodnje ovih gnojiva u atmosferu ispusti veća količina stakleničkih plinova nego se primjenom biogoriva proizvedenih preradom algi smanji.

Prema nekim istraživanjima provedenim od strane Exxon Mobile-a, komercijalna proizvodnja biogoriva bazirana na algama će pričekati najmanje 25 godina.

## 4. Korištenje biogoriva u prometu

Promet predstavlja osnovni sektor naše ekonomije i našega društva. On osigurava osobnu pokretljivost i potiče ekonomski rast.

Sama ideja korištenja alternativnih goriva u motorima sa unutrašnjim izgaranjem nije ništa novo niti revolucionarno. Sedamdesetih godina prošloga stoljeća u trenucima pojave prve veće naftne krize počinje se intenzivnije razmišljati o mogućnostima djelomične ili potpune zamjene nafte odnosno njezinih derivata tzv. alternativnim gorivima. Okidač za takova razmišljanja je bilo nastojanje da se smanji ovisnost tržišta o najskupljim naftnim derivatima tj. o benzinu i dizelskom gorivu. U kasnijim godinama, buđenjem ekološke svijesti čovječanstva, fokus istraživanja se proširuje i na mogućnosti smanjenja tzv. zakonski reguliranih emisija, a poglavito CO, HC, NO<sub>x</sub> i dimne vrijednosti, te se više alternativna goriva ne promiču na način da se ističu njihove prednosti s financijskog i ekološkog aspekta, već se zahtjeva da porijeklo goriva bude između ostaloga iz obnovljivih izvora energije

U 1997. godini, tzv. bijelim papirom (White paper) o obnovljivim izvorima energije, stavlja se za cilj da udio energije proizvedene iz obnovljivih izvora iznosi 12% u ukupnoj potrošnji energije do kraja 2010. godine.

Posljednjih nekoliko godina, u EU i svijetu doneseno je niz direktiva i uredbi koje obvezuju sve veću upotrebu biogoriva u prometnom sektoru, a svakako među najvažnijom spada Direktiva Europskog parlamenta i Vijeća Europe br. 2003/30/EC kojom se zahtijeva da države članice odrede nacionalni indikativni cilj kojim se osigurava minimalan omjer biogoriva i drugih obnovljivih goriva u ukupnom gorivu koje se stavlja na tržište (5,75% do 2010., 10% do 2020.), izračunat na temelju energijskog sadržaja ukupnog benzina i dizela koji se stavlja na tržište za potrebe prijevoza.<sup>25</sup>

Tabela 4. Smjernice implementacije uporabe alternativnih goriva u EU:

Godina	Biogoriva	Prirodni plin	Vodik	Ukupno
2005.	2%			2%
2010.	6%	2%		8%
2015.	7%	5%	2%	14%
2020.	8%	10%	5%	23%

<sup>25</sup> Rujnić-Sokele, M. (2011) Jesu li biogoriva dobra ili loša za okoliš. *Polimeri: časopis za plastiku i gumu*, 32 (1). Dostupno na: [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=101720](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=101720)



Povrh toga ovom direktivom se nalaže da biogoriva mogu biti raspoloživa kao:<sup>26</sup>

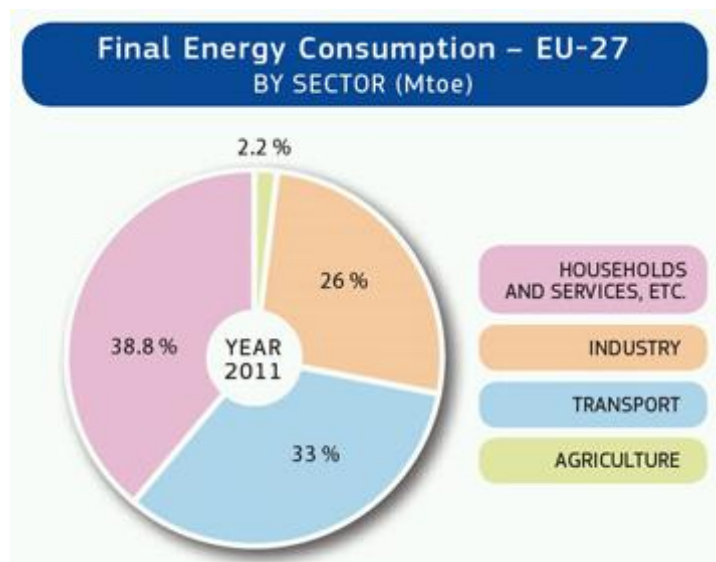
- čista biogoriva ili s visokom koncentracijom u fosilnom gorivu,
- pomiješana s fosilnim gorivom u skladu s odgovarajućim europskim normama
- kao tekućine izvedene iz biogoriva, kao što je ETBE (etil-tercijarni-butil-eter), biogorivo dobiveno na bazi bioetanola s najmanje 47% bio-ETBE.

Provođenjem ove smjernice EU očekuje uz smanjenje ovisnosti o uvozu fosilnih goriva, smanjenje emisije CO<sub>2</sub> kao stakleničkog plina i drugih reguliranih emisija, te razvoj novih i inovativnih područja s gospodarskog aspekta.<sup>27</sup>

#### 4.1. Uloga prometa u ukupnoj potrošnji energije EU i svijeta

Prema podacima iz 2011. godine udio prometa u ukupnoj potrošnji energije u EU je iznosio 33% ili 364 Mtoe, dok je udio prometa u globalnoj potrošnji energije u 2009. godini iznosio 18% ili 2 221 Mtoe. Ovi podaci samo dodatno naglašavaju već poznatu činjenicu o ulozi transporta kao izuzetno bitnog faktora u potrošnji energije kako na europskoj tako i na globalnoj razini.<sup>28</sup>

Slika 10. Udio transporta u ukupnoj potrošnji energije EU u 2011. godini



<sup>26</sup> Dževad, B., Filipović, I., Pikula, B. (2009) Utjecaj biogoriva na sastav ispušnih plinova dizelovih motora. *Goriva i maziva*, 48 (3). Dostupno na: [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=67742](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=67742)

<sup>27</sup> Dževad, B., Filipović, I., Hribernik, A., Kegl, B. (2007) Utjecaj alternativnih goriva na pokazatelje izgaranja kod dizelovih motora. *Goriva i maziva*, 46 (3). Dostupno na: [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=20884](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=20884)

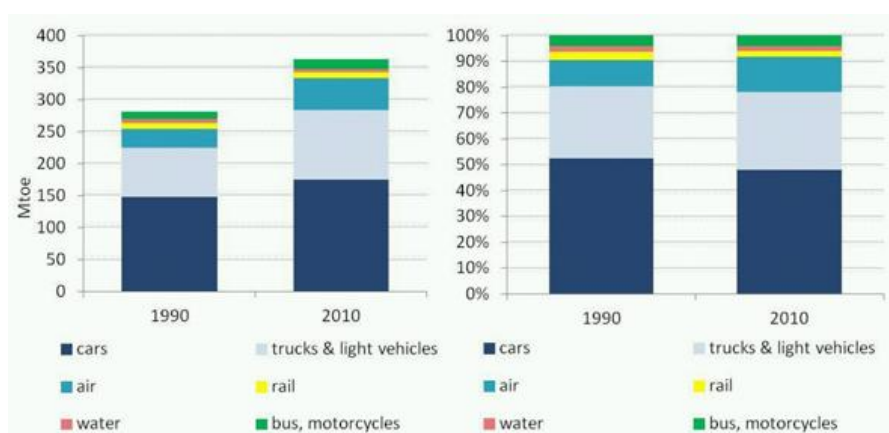
<sup>28</sup> Dostupno na: <http://www.biofuelstp.eu/end-use-biofuels-overview.html>

## 4.2. Potrošnja energije u EU i svijetu u zavisnosti od vrste prometa

Ako već spomenutu potrošnju energije prometnog sektora Europske unije u 2011. godini od 364 Mtoe pokušamo rastaviti u ovisnosti od vrste prometa vidjet ćemo da najveći dio čini cestovni promet sa udjelom od 81.7%, zatim slijedi zračni promet sa 13.9% , željeznički promet sa 2% te na kraju pomorski promet sa 1.6% udjela.<sup>29</sup>

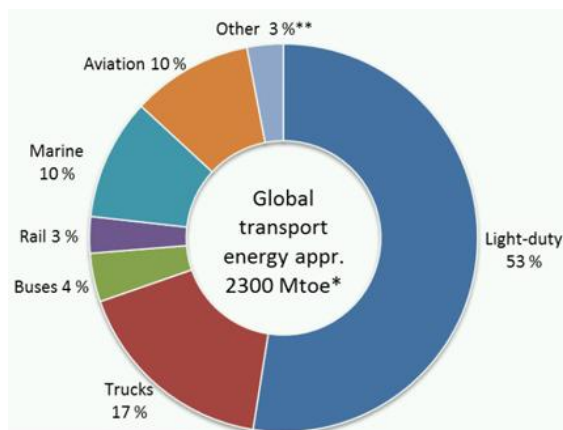
Podaci o udjelu pojedine vrste prometa u potrošnji energije Europske unije za 1990. i 2010. godinu su vidljivi na sljedećoj slici.

Slika 11. Potrošnja energije u EU u ovisnosti od vrste prometa



Što se tiče globalne potrošnje energije prometnog sektora od približno 2300 Mtoe u 2009. godini, cestovni promet čini 77% ukupne potrošnje, 10% čine zračni i pomorski promet pojedinačno, te željeznički promet čini 3%.

Slika 12. Udio vrste prometa u ukupnoj potrošnji energije prometnog sektora u svijetu



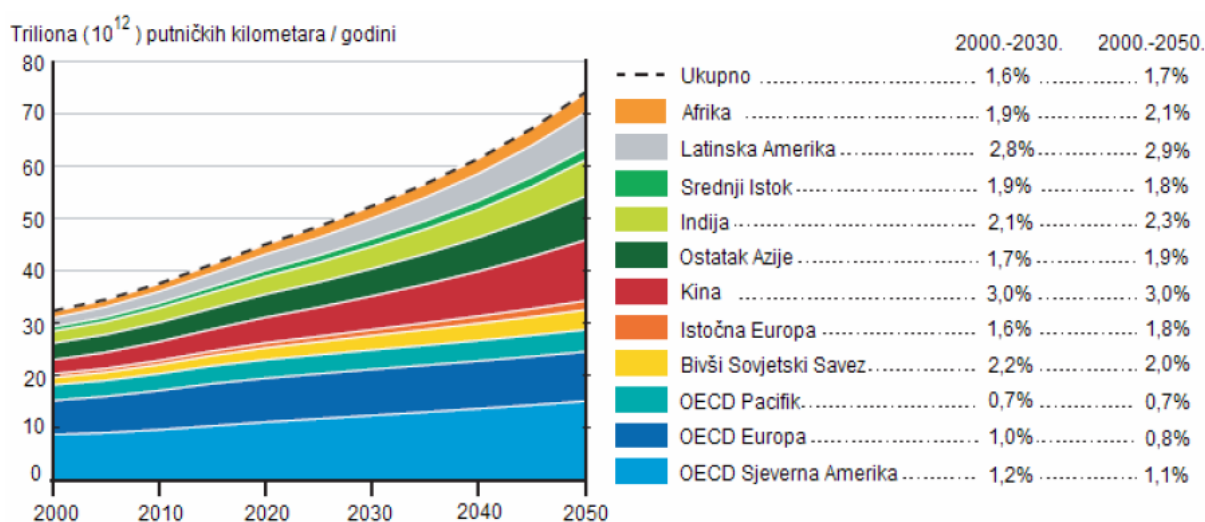
<sup>29</sup> Ibid.

### 4.3. Projekcija godišnjeg rasta prometa ljudi u svijetu

Promet ljudi i tereta u svijetu je u kontinuiranom porastu, naročito u zemljama u razvoju. Kako raste broj stanovnika, raste i globalno tržište, a paralelno s njime standard života te potrebe za prijevozom, što dakako ima i određene negativne posljedice. Emisije ispušnih plinova iz prometa (NO<sub>x</sub>, CO, čestice i ostali) će opadati u razvijenim zemljama u sljedeći 10 do 20 godina, dok će u zemljama u razvoju rasti sljedećih nekoliko desetljeća. Paralelno s povećanjem energetske učinkovitosti vozila rasti će i broj vozila u svijetu.<sup>30</sup>

Na dolje prikazanoj slici se vidi projekcija godišnjeg rasta prometa ljudi po regijama svijeta.

Slika 13. Projekcija rasta osobnog prometa po regijama svijeta



<sup>30</sup> Virkes, T. op. cit., str. 14.

## 5. Utjecaj biodizela na karakteristike motora sui

Danas kada se nizom zakona i uredbi nastoji što je više moguće ograničiti emisija toksičnih tvari iz ispuha cestovnih vozila, primjenom najrazličitijih naprednih tehnoloških rješenja konstruktorima polazi za rukom pratiti nametnute regulative, a da se pritom ne utječe na snagu motora.

Kao jedna od općepoznatih metoda je pročišćavanje ispušnih plinova, gdje se korištenjem različitih tipova katalizatora utječe na smanjenje gotovo svih reguliranih emisija toksičnih tvari. Karakterizira ju jednostavnost ugradnje (postavlja se na ispušni sustav), a kao mana se ističe činjenica da zbog ograničenosti prostora njihovo smještanje ponekad zadaje probleme.

Isto tako mogući način smanjenja emisije ispušnih tvari iz motora sui je i vođenje procesa izgaranja (ovise o načinu formiranja gorive smjese) gdje se posebno ističe sustav za ubrizgavanje goriva pod visokim tlakom (common rail), zatim se mogu koristiti sustavi za nadpunjenje motora (turbo-kompresori), sustavi za regulaciju načina izmjene radne materije, oblikovanje usisnih i ispušnih sistema te prostora za izgaranje radi smanjenja otpora strujanja i usmjeravanja radnog fluida, primjena odgovarajućih ulja, itd.<sup>31</sup>

Sve gore navedene metode uistinu utječu na reduciranje emisija toksičnih tvari, no njihova primjena na već postojećim motorima sa unutrašnjim izgaranjem je tehnički neizvodiva ili neisplativa.

Jedno od rješenja koje se može ponuditi za primjenu na već postojećim motorima sa unutrašnjim izgaranjem je korištenje alternativnih goriva (u ovom slučaju biogoriva) te optimiziranje njihovog rada s tim gorivom.

Kako bi se iskoristio maksimalni potencijal smanjenja emisija toksičnih tvari koji se može ostvariti primjenom biogoriva potrebno je podešavanje parametara motora jer u protivnom samo pukom zamjenom konvencionalnih goriva sa biogorivima može doći i do povećane emisije toksičnih tvari te pogoršanja performansi motora što svakako želimo izbjeći.

---

<sup>31</sup> Dževad, B., Filipović, I., Kegl, B., Pikula, B. (2011) Utjecaj biogoriva na performance dizelovog motora. *Goriva i maziva*, 50 (4). Dostupno na: [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=111796](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=111796)

Najveći utjecaj na performance motora, a ujedno i parametar kojega je najjednostavnije podesiti bez izvršavanja nekih zahtjevnih konstruktivnih zahvata na motoru ima kut ubrizgavanja goriva.

Zbog evidentno različitih fizičkih osobina goriva sami procesi dobave goriva kao i izgaranja su fenomenološki različiti i neophodno je pri korištenju isključivo jednog odnosno drugog goriva naći optimalan omjer spomenutog parametra. Sa smanjenjem tvornički preporučenog kuta ubrizgavanja goriva performance koje motor sui može ostvariti korištenjem biodizela popravljaju se i u konačnici su vrlo bliske onim performancama koje motor sui ostvaruje gorivom za koje je i konstruiran.<sup>32</sup>

U nastavku ovog poglavlja su prikazani rezultati jednog ispitivanja gdje su praćene performance rada motora sui u ovisnosti od primjene dizelskog ili biodizelskog goriva te kuta ubrizgavanja. Osnovne karakteristike pri ispitivanju korištenog dizela i biodizela su dane u Tabeli 5.

Tabela 5. Karakteristike dizela i biodizela:

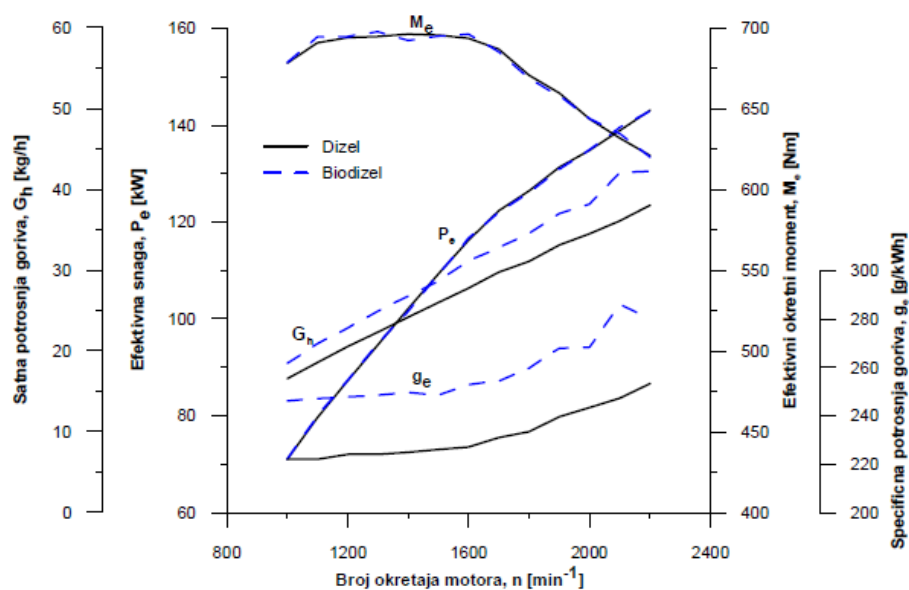
Gorivo	Dizel	Biodizel
Kinematička viskoznost pri 30 °C [mm <sup>2</sup> /s]	3,34	5,51
Površinska napetost pri 30 °C [N/m]	0,0255	0,028
Ogrjevna vrijednost [kJ/kg]	43.800	38.177
Cetanski broj [-]	45-55	>51

Tabela 6. Karakteristike motora na kojem su vršena ispitivanja

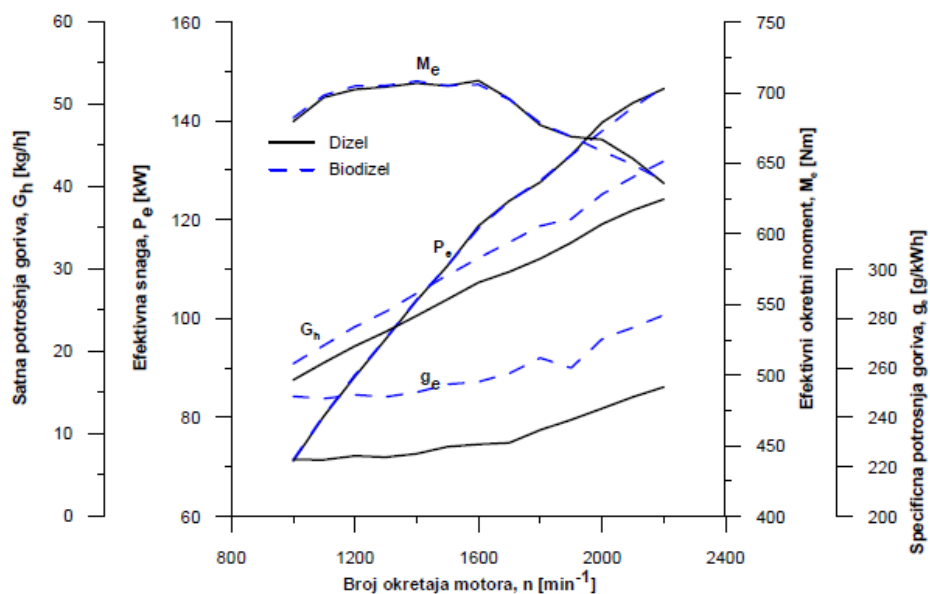
Motor	Prirodni usis, 4-taktni s MAN postupkom ubrizgavanja goriva
Broj cilindara	6
Promjer i hod klipa	125 mm x 155 mm
Radni obujam	11,413 dm <sup>3</sup>
Stupanj zgušnjavanja	18
Kut početka ubrizgavanja goriva	23° KV prije GMT
Nominalna snaga	160 kW / 2200 min <sup>-1</sup>
Obrtni moment	775 Nm/1400 min <sup>-1</sup>

<sup>32</sup> Ibid.

Slika 14. Performance motora s kutom ubrizgavanja od 23° KV prije GMT

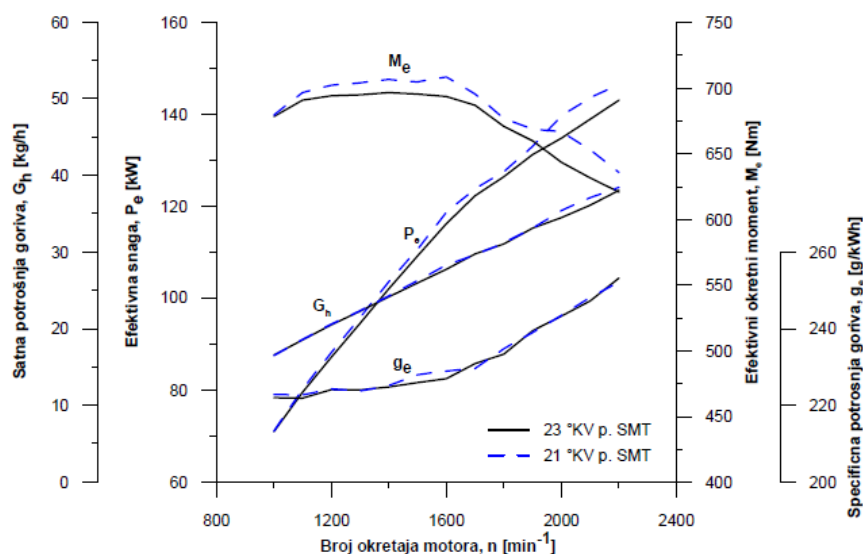


Slika 15. Performance motora s kutom ubrizgavanja od 21° KV prije GMT

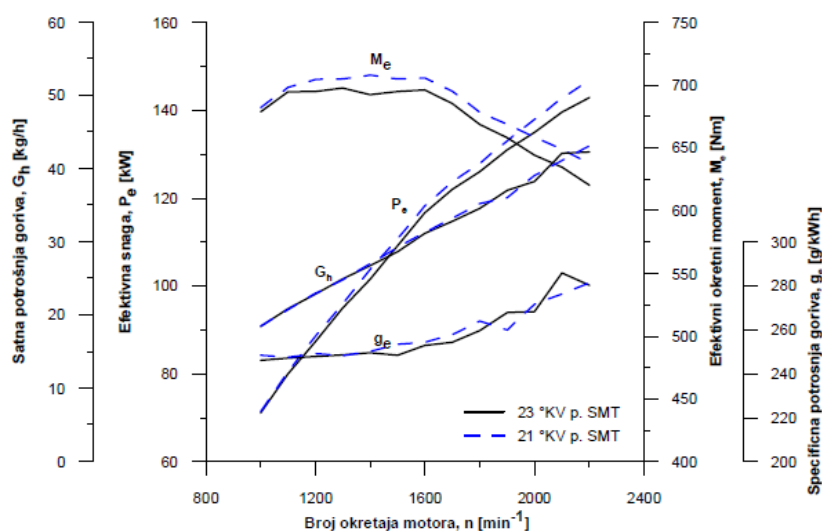


Sa gornjih slika jasno je vidljivo da je prednost u odnosu na potrošnju goriva, bez obzira na kut ubrizgavanja goriva, na strani upotrebe dizelskog goriva zbog veće potrošnje biodizelskog goriva, u odnosu na dizelsko gorivo, što je posljedica njegove manje ogrjevne vrijednosti, tako da se zadržavanje snage motora sui ostvarivalo povećanjem ciklusne dobave goriva.

Slika 16. Performance motora pri korištenju dizelskog goriva s kutom ubrizgavanja od 21° i 23° KV prije GMT



Slika 17. Performance motora pri korištenju biodizelskog goriva s kutom ubrizgavanja od 21° i 23° KV prije GMT



Ako se napravi usporedba prethodno razmatranih veličina, ovisno o kutovima ubrizgavanja goriva, ali za jedno te isto gorivo, vrlo lako dolazimo do zaključka da se smanjenjem kuta ubrizgavanja, sa 23 °KV na 21 °KV, neznatno mijenja efektivna snaga  $P_e$ , odnosno efektivni okretni moment  $M_e$  i za slučaj korištenja biodizelskog i dizelskog goriva.

Kao zaključak prikazanog istraživanja, konstatirano je da je optimalni kut za upotrebu isključivo biodizelskog goriva 19 °KV prije GMT, a da se kutom od 21 °KV za varijantu upotrebe i jednog i drugog goriva postižu najbolji efekti.

## 6. Utjecaj omjera biodizela i dizela na karakteristike motora sui

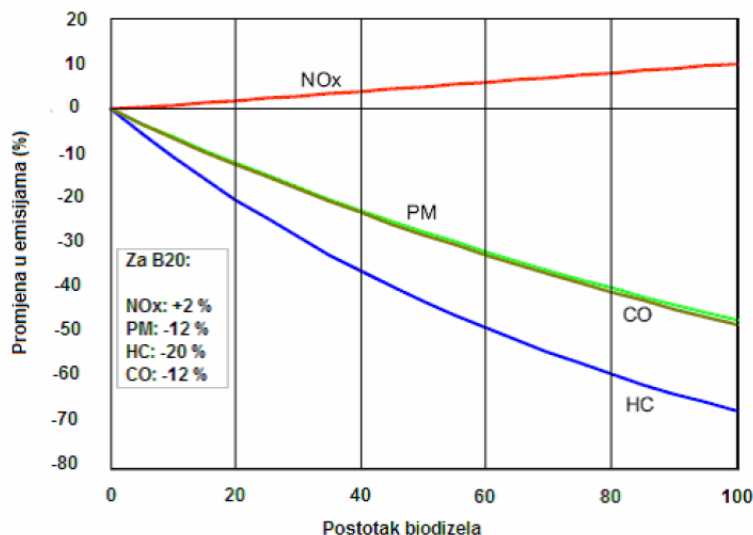
### 6.1. Promjene u emisijama u ovisnosti od omjera biodizela u gorivu

Korištenje biodizela u konvencionalnim dizelskim motorima rezultira znatnim smanjenjem neizgorenih ugljikovodika, ugljikovog monoksida i čestica. Emisije dušikovih oksida se ili malo smanjuju ili malo povećavaju, ovisno o ciklusu motora i korištenoj metodi testiranja.<sup>33</sup>

S obzirom da sirovine i tehnologije za proizvodnju biogoriva još uvijek nisu na razini da mogu pokriti velike zahtjeve svjetskog tržišta, te je postojeći vozni park uvelike prilagođen za primjenu fosilnih goriva, jedno od prijelaznih rješenja je upravo korištenje mješavina fosilnih goriva i biogoriva određenih omjera.<sup>34</sup>

Biodizel ima prednost pred fosilnim dizelom u pogledu smanjenja emisija tako da smjesa B20 smanjuje emisiju ugljikovodika za 20 %, ugljikovog monoksida i čestica za 12 %, a sumpora za oko 20 %. Emisija NO<sub>x</sub>-a se istovremeno povećava za 2 %, što se može vidjeti na sljedećoj slici.<sup>35</sup>

Slika 18. Promjena u emisijama u ovisnosti o omjeru biodizela u gorivu



<sup>33</sup> Virkes, T. op. cit., str. 74.

<sup>34</sup> Dževad, B., Filipović, I., Kegl, B., Pikula, B. (2013) Poboljšanje ekoloških performansi dizelovih motora korištenjem mješavina konvencionalnih fosilnih goriva i biodizela. *Goriva i maziva*, 52 (2). Dostupno na: [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=157504](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=157504)

<sup>35</sup> Virkes, T. op. cit., str. 75.

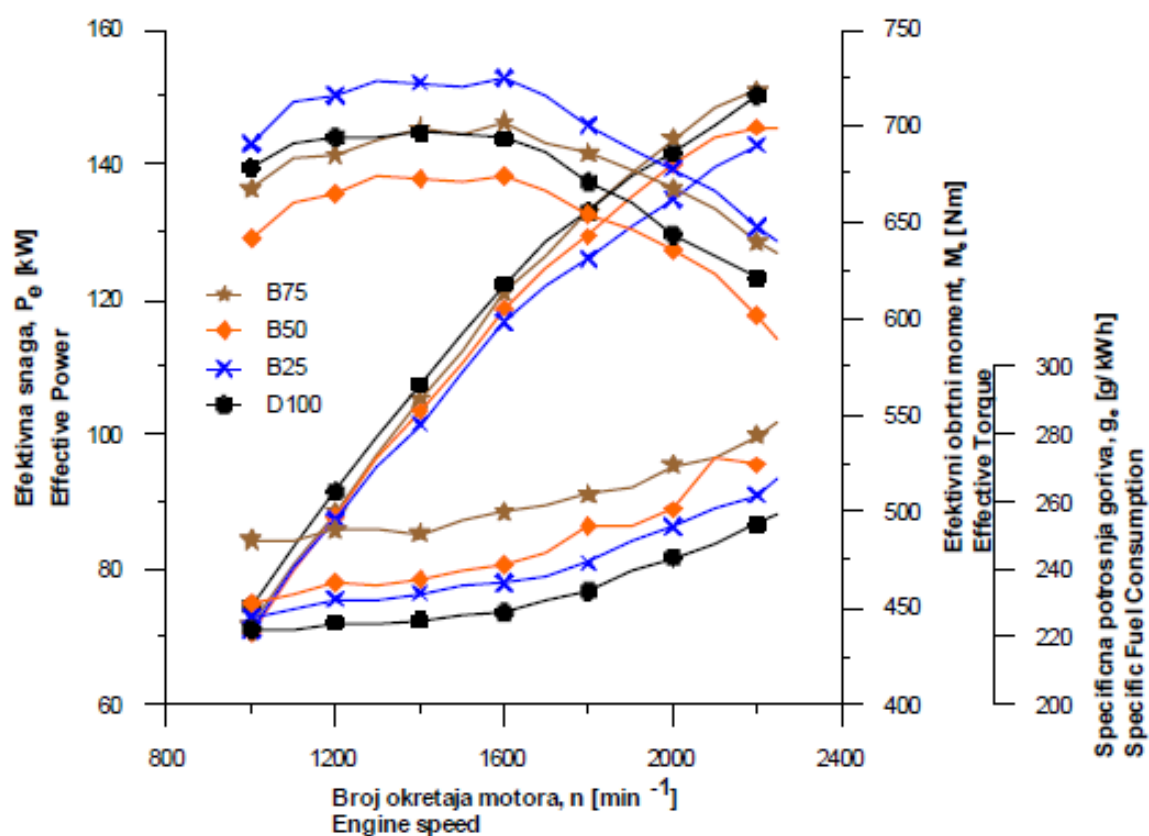


## 6.2. Karakteristike motora sui u ovisnosti od mješavine dizela i biodizela pri optimalnim kutovima ubrizgavanja

U ovome poglavlju su prikazani rezultati jednog ispitivanja gdje su praćene performance rada motora sui u ovisnosti od primjene određenog postotka mješavine biodizela i dizela. Pri ispitivanju su korištena goriva čije su karakteristike prikazane u Tabeli 5, dok su karakteristike motora na kojem su vršena ispitivanja prikazane u Tabeli 6.

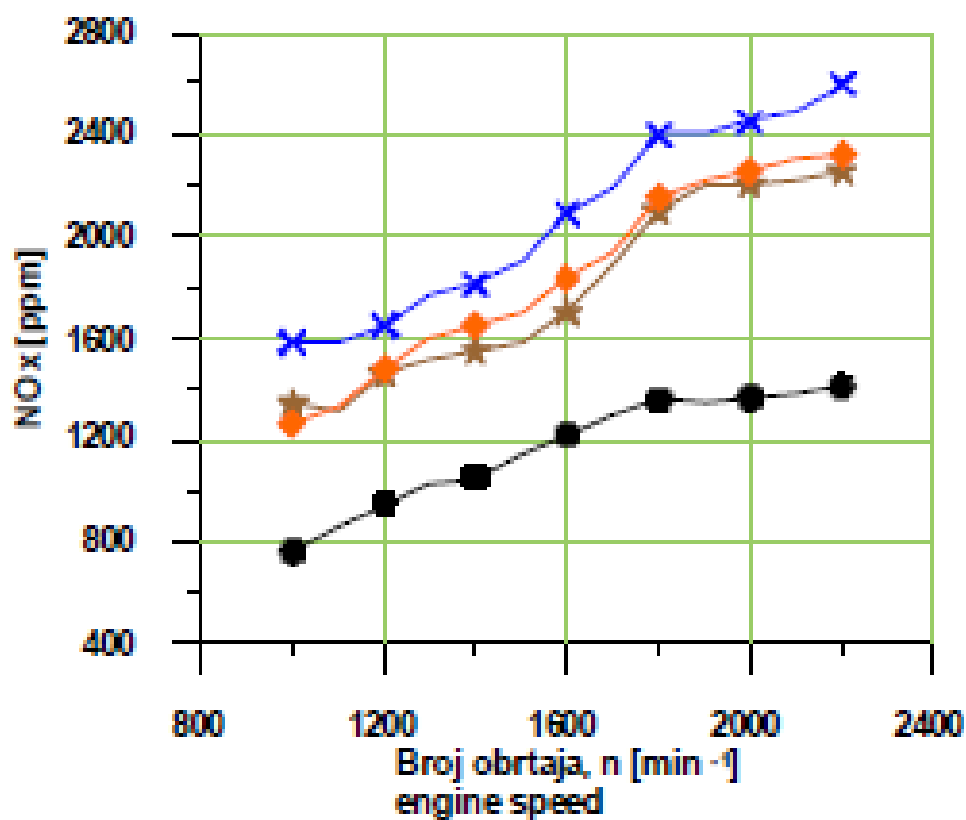
Valja naglasiti da sa povećanjem udjela biogoriva u mješavini fosilnog goriva i biodizela (B25, B50, B75) potrebno je smanjivati kut ubrizgavanja goriva kako bi se dostigle optimalne performance motora sui i to redom 22° KV, 21° KV, 20° KV prije GMT. Za fosilni dizel optimalni kut ubrizgavanja goriva je prema preporukama proizvođača 23° KV prije GMT.<sup>36</sup>

Slika 19. Performance motora za dizel i biodizel-dizel mješavine pri optimalnim kutovima ubrizgavanja

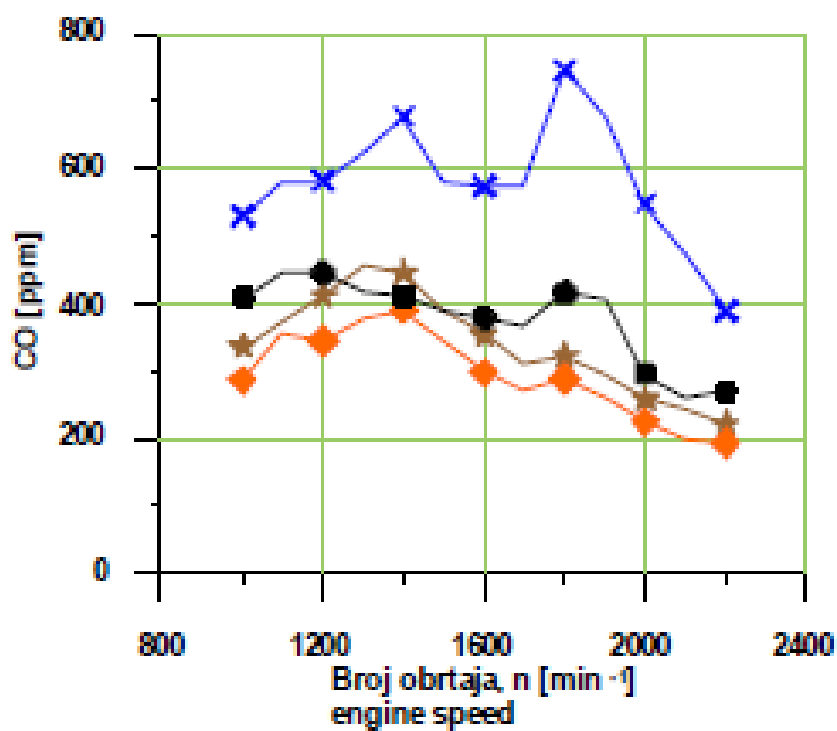


<sup>36</sup> Dževad, B., Filipović, I., Hribernik, A., Kegl, B. (2007) Utjecaj alternativnih goriva na pokazatelje izgaranja kod dizelovih motora. *Goriva i maziva*, 46 (3). Dostupno na: [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=20884](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=20884)

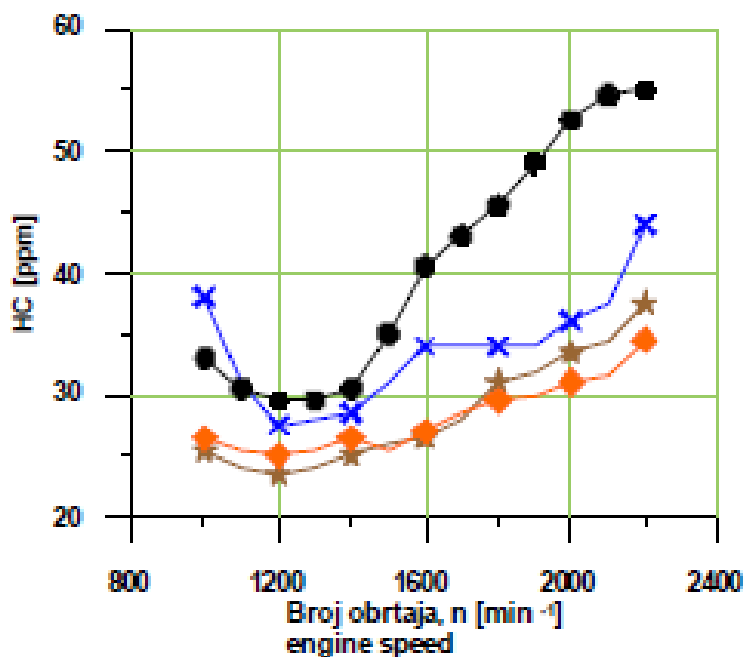
Slika 20. NO<sub>x</sub> emisije za dizel i biodizel-dizel mješavine pri optimalnim kutovima ubrizgavanja



Slika 21. CO emisije za dizel i biodizel-dizel mješavine pri optimalnim kutovima ubrizgavanja



Slika 22. HC emisije za dizel i biodizel-dizel mješavine pri optimalnim kutovima ubrizgavanja



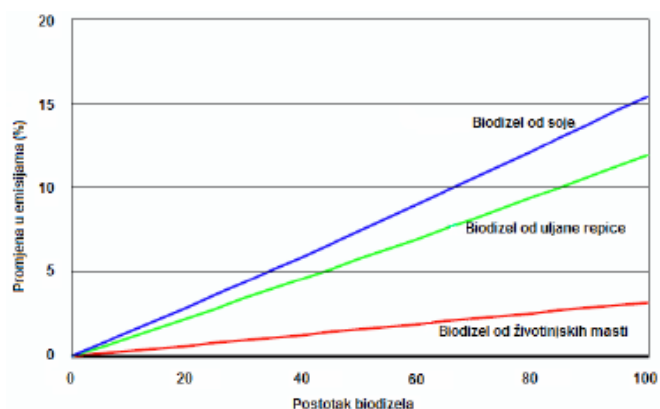
Vidljivo je da se povećanjem udjela biodizela u mješavini slika emisije poboljšava u korist većeg postotka biodizela (osim emisije NO<sub>x</sub>, te emisije CO za slučaj B25).<sup>37</sup>

<sup>37</sup> Dževad, B., Filipović, I., Kegl, B., Pikula, B. (2013) Poboljšanje ekoloških performansi dizelovih motora korištenjem mješavina konvencionalnih fosilnih goriva i biodizela. *Goriva i maziva*, 52 (2). Dostupno na: [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=157504](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=157504)

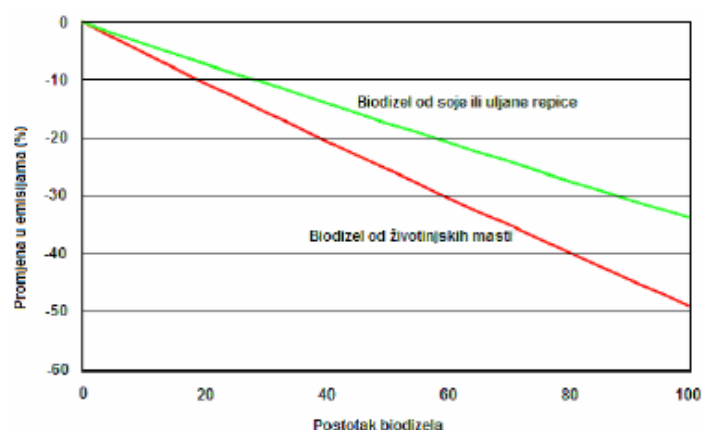
### 6.3. Utjecaj izvora sirovine za proizvodnju biodizela na promjenu emisija povećanjem udjela biodizela u mješavini sa dizelom

Ovisno o izvoru sirovine koja je korištena za proizvodnju biodizela razlikuju se i rezultati promjena emisija.<sup>38</sup> Rezultati promjene emisija za NO<sub>x</sub> su prikazani na slici 23, za čestice (PM) na slici 24, a za CO na slici 25.

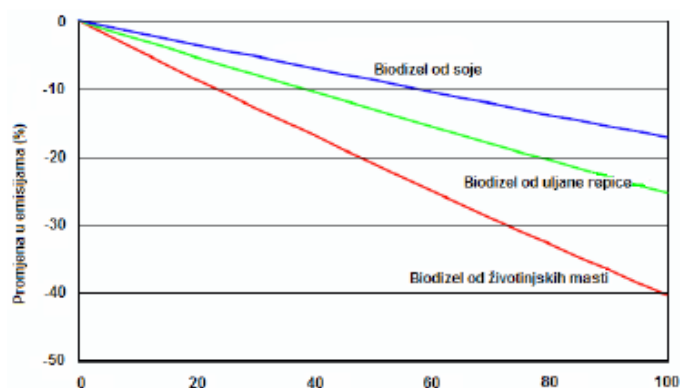
Slika 23. Promjena emisija NO<sub>x</sub> u ovisnosti o izvoru sirovine i postotku biodizela u gorivu



Slika 24. Promjena emisija čestica u ovisnosti o izvoru sirovine i postotku biodizela u gorivu



Slika 25. Promjena emisija CO u ovisnosti o izvoru sirovine i postotku biodizela u gorivu



<sup>38</sup> Virkes, T. op. cit., str. 77.

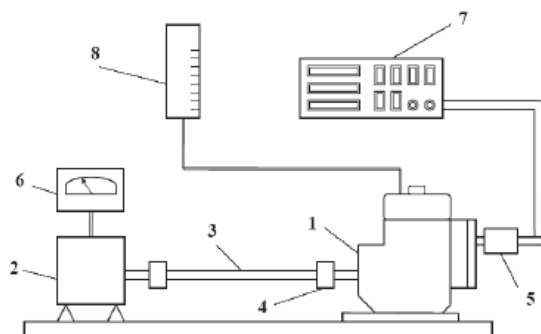
## 7. Utjecaj mješavina etanola i metanola sa benzinom na karakteristike motora sui

U ovome poglavlju karakteristike učinkovitosti i emisija benzinskog motora koji je kao gorivo koristio mješavine etanola odnosno metanola sa benzinom u različitim omjerima uspoređene su sa karatkeristikama motora i emisijama motora pokretanog čistim benzinom. Shematski prikaz eksperimentalnog postolja vidljiv je na slici ispod, ali prije svega treba naglasiti da necestovni benzinski motori, a koji je između ostaloga ispitivač i koristio pri svojoj analizi, se razlikuju od automobilskih motora u nekoliko tehničkih specifikacija. Zbog tih dizajnerskih razlika, promjene koje se događaju korištenjem mješavina etanola odnosno metanola u necestovnim benzinskim motorima su drugačije od promjena u karakteristikama rada motora te emisijama koje se događaju u automobilskim benzinskim motorima. Motor koji je ispitivač koristio pri testiranju je imao promjer klipa od 56 mm, hod klipa od 58 mm te ukupni radni obujam od 143 cm<sup>3</sup>, dok je njegova nazivna snaga bila 2.2 kW.<sup>39</sup>

Tabela 7. Karakteristike različitih etanol odnosno metanol mješavina sa benzinom

	Ispitno gorivo							Ispitna metoda
	Benzin	E10	E20	E30	M10	M20	M30	
Toplina izgaranja (MJ/kg)	44.133	42.447	40.672	38.673	41.615	38.233	36.247	ASTM D340
Tlak isparavanja @100 °F (kPa)	35.00	59.53	54.61	53.31	57.43	66.58	68.74	ASTM D323
Oktanski broj	84.8	88.3	93.4	98.9	88.2	94.4	98.4	ASTM D2699
Gustoća pri 15.5°C (kg/l)	0.7678	0.7760	0.7782	0.7794	0.7692	0.7707	0.7734	ASTM D1298

Slika 26. Shematski prikaz ispitnog postolja; (1) Motor, (2) Dinamometar, (3) Osovina, (4) Zamašnjak, (5) Ispušna cijev, (6) Kontrolna jedinica dinamometra, (7) Analizator plina, (8) Sustav za mjerenje goriva



<sup>39</sup> Performance and Emission Characteristics of Spark Ignition Engine Fuelled with Ethanol and Methanol Gasoline Blended Fuels. Dostupno na: <http://www.intechopen.com/books/alternative-fuel/performance-and-emission-characteristics-of-spark-ignition-engine-fuelled-with-ethanol-and-methanol>

## 7.1. Karakteristike učinkovitosti motora

U ovome poglavlju prikazane su krivulje efektivne snage, efektivnog momenta te specifične efektivne potrošnje goriva za različite mješavine etanola odnosno metanola sa benzinom pri različitim brzinama vrtnje motora.

Slika 27a prikazuje utjecaj mješavina etanola i benzina na efektivnu snagu motora. U slučaju povećanja udjela etanola u mješavini, efektivna snaga motora se blago povećava pri svim brzinama vrtnje motora, međutim, efektivna snaga motora pokretanog samo benzinom pokazala se nešto nižom od efektivne snage E10-E30 mješavina, posebice pri niskim brzinama vrtnje (npr. pri 1000 okretaja u minuti). S povećanjem postotka etanola u mješavini, gustoća smjese te volumetrijska učinkovitost motora rastu što uzrokuje povećanje snage

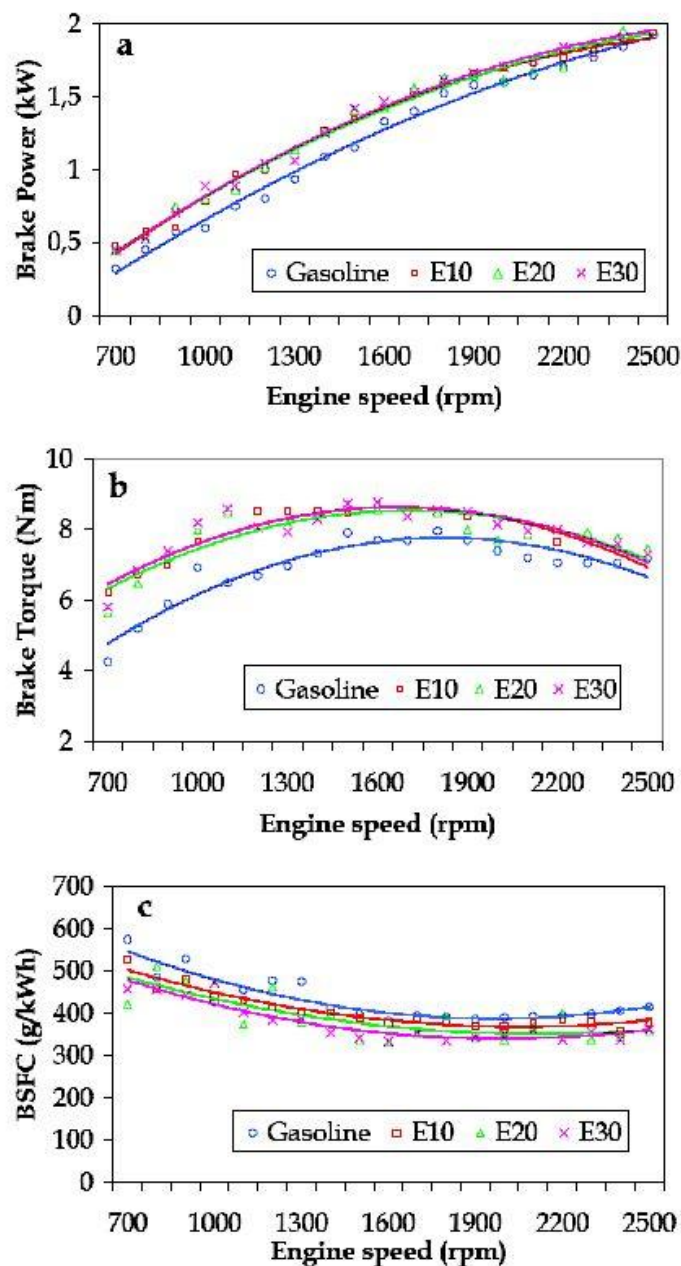
Slika 27b prikazuje utjecaj različitih mješavina etanola i benzina na okretni moment motora. Povećanjem sadržaja etanola u mješavini, okretni moment motora se lagano povećava. S druge strane, efektivni moment motora pokretanog čistim benzinom je niži od efektivnog momenta E10- E30 mješavina, osobito pri nižim brzinama vrtnje motora. Zbog dodavanja etanola oktanski broj je povišen, što u konačnici rezultira višim tlakom izgaranja te prema tome i većim okretnim momentom.<sup>40</sup>

Slika 27c ukazuje na promjene specifične efektivne potrošnje goriva za različite mješavine etanola i benzina pri različitim brzinama vrtnje. Kao što se vidi na slici 26c, specifična efektivna potrošnja goriva se smanjuje kako postotak etanola u mješavini raste. Također, blaga razlika postoji između specifične efektivne potrošnje goriva čistog benzina te mješavina etanola i benzina. Kako brzina vrtnje motora raste, dostižući 1600 rpm, specifična efektivna potrošnja goriva se smanjuje dostižući svoju minimalnu vrijednost zbog povećanja efektivne toplinske učinkovitosti.

---

<sup>40</sup> Ibid.

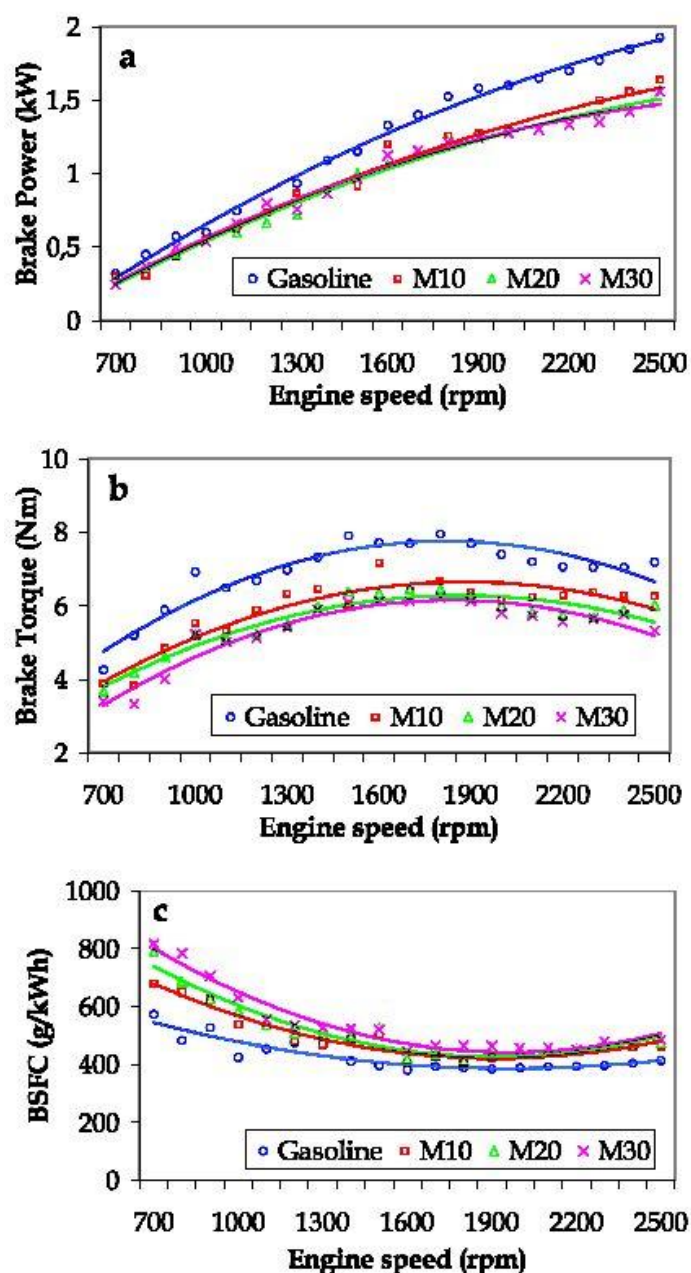
Slika 27. Eksperimentalni rezultati karakteristika učinkovitosti motora koristeći različite etanol-benzin mješavine pri različitim brzinama vrtnje motora. (a) Efektivna snaga, b) Efektivni moment, i (c) Specifična efektivna potrošnja goriva



Slika 28a prikazuje utjecaj mješavina metanola i benzina na efektivnu snagu motora. S povećanjem udjela metanola u mješavini, snaga motora se blago smanjuje pri svim brzinama vrtnje. Efektivna snaga motora pokretanog benzinom je veća od efektivne snage motora M10-M30 mješavina, posebice pri većim brzinama vrtnje (npr. 2500 okretaja u minuti). Slika 28b prikazuje utjecaj mješavina metanola i benzina na efektivni moment motora. S povećanjem udjela metanola efektivni moment motora se nešto smanjuje, dok je efektivni moment motora pokretanog benzinom veći od momenta M10-M30 mješavina. Slika 28c ukazuje na promjene

specifične efektivne potrošnje goriva za različite mješavine metanola i benzina te pri različitim brzinama vrtnje. Kao što je vidljivo na slici ispod, specifična efektivna potrošnja goriva se povećava kako postotak metanola raste. Također, mala razlika postoji između specifične efektivne potrošnje goriva čistog benzina te mješavina metanola i benzina. Kako brzina motora raste i dostiže brzinu od 1600 rpm, specifična efektivna potrošnja goriva se smanjuje dostižući svoju minimalnu vrijednost.

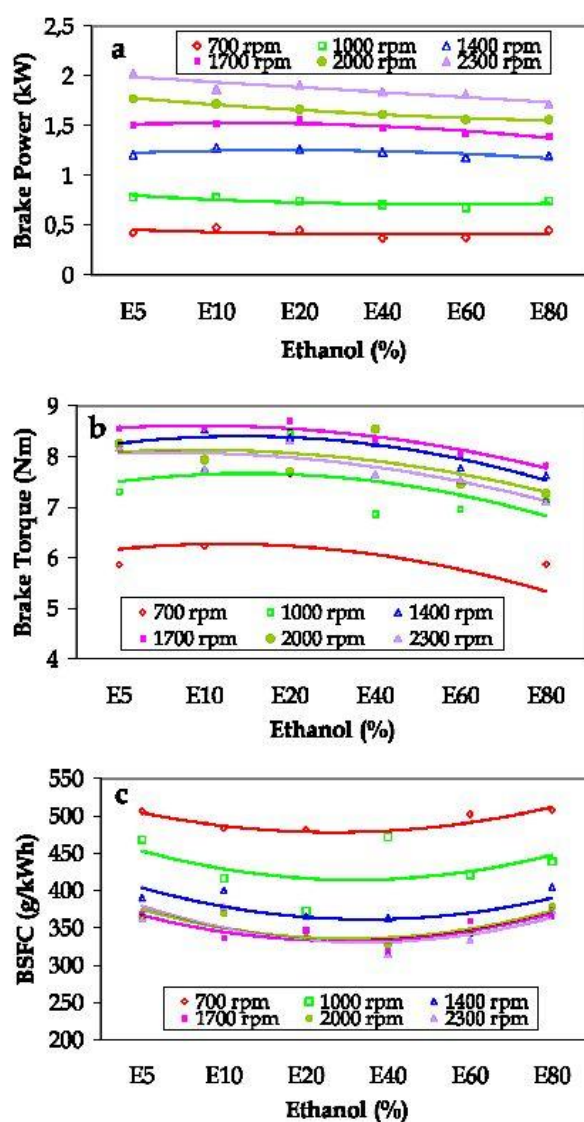
Slika 28. Eksperimentalni rezultati karakteristika učinkovitosti motora koristeći različite metanol-benzin mješavine pri različitim brzinama vrtnje motora. (a) Efektivna snaga, b) Efektivni moment, i (c) Specifična efektivna potrošnja goriva





Utjecaji dodavanja etanola odnosno metanola bezolovnom benzinu na karakteristike učinkovitosti motora pri različitim brzinama vrtnje prikazani su na slikama 29 i 30. Kao što se može i vidjeti na slikama 29a i 29b, efektivna snaga te efektivni moment motora malo padaju kako raste postotak etanola u mješavini pri svim brzinama vrtnje motora. Na slici 29c, smanjenje specifične efektivne potrošnje goriva se nastavlja do točke gdje udio etanola dostiže 40%. Iznad ove točke, specifična efektivna potrošnja goriva počinje rasti.<sup>41</sup>

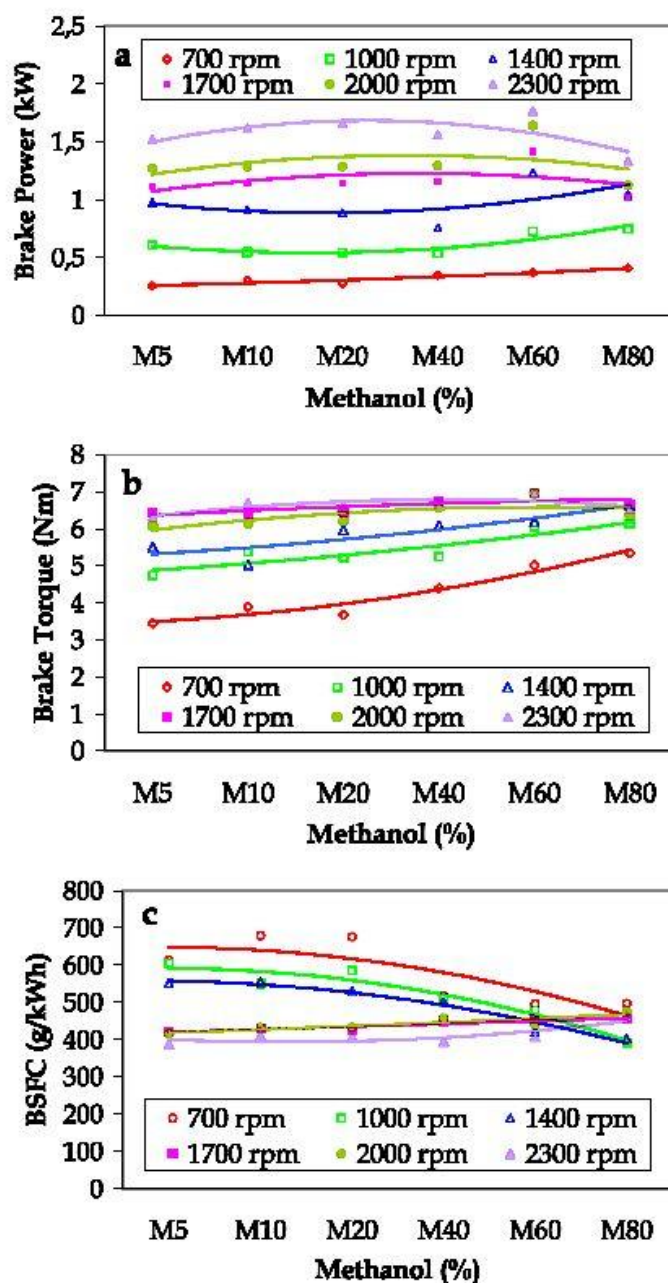
Slika 29. Utjecaj dodavanja etanola na karakteristike učinkovitosti motora. (a) Efektivna snaga, b) Efektivni moment, i (c) Specifična efektivna potrošnja goriva



<sup>41</sup> Ibid.

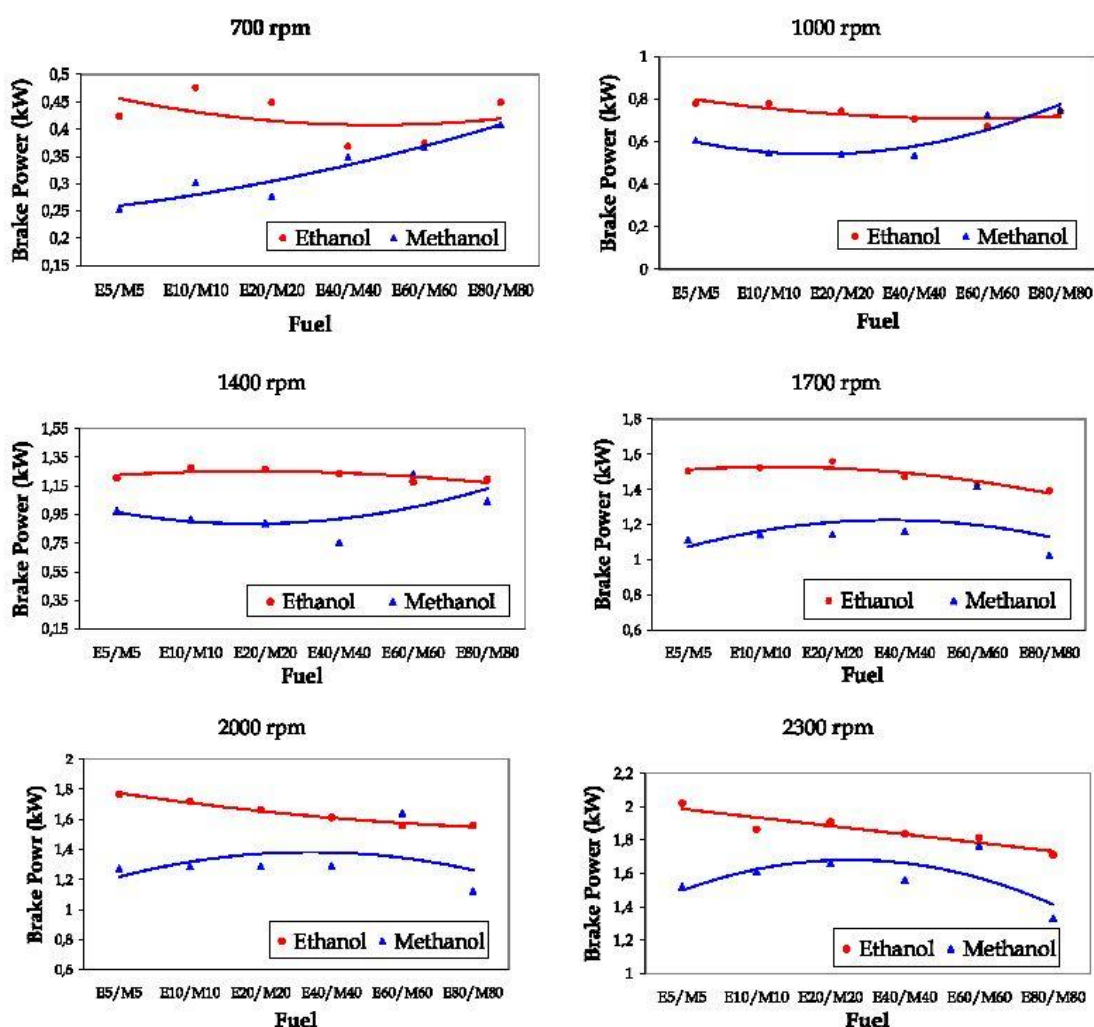
Na slikama 30a, 30b i 30c efektivna snaga, efektivni moment te specifična efektivna potrošnja goriva imaju suprotnu tendenciju između nižih i viših brzina vrtnje motora. Ove karakteristike bilježe blagi rast sa povećanjem postotak metanola u mješavini pri nižim brzinama vrtnje (700-1400 rpm), te blagi pad pri višim brzinama vrtnje (1700-2300 rpm).

Slika 30. Utjecaj dodavanja metanola na karakteristike učinkovitosti motora. (a) Efektivna snaga, b) Efektivni moment, i (c) Specifična efektivna potrošnja goriva



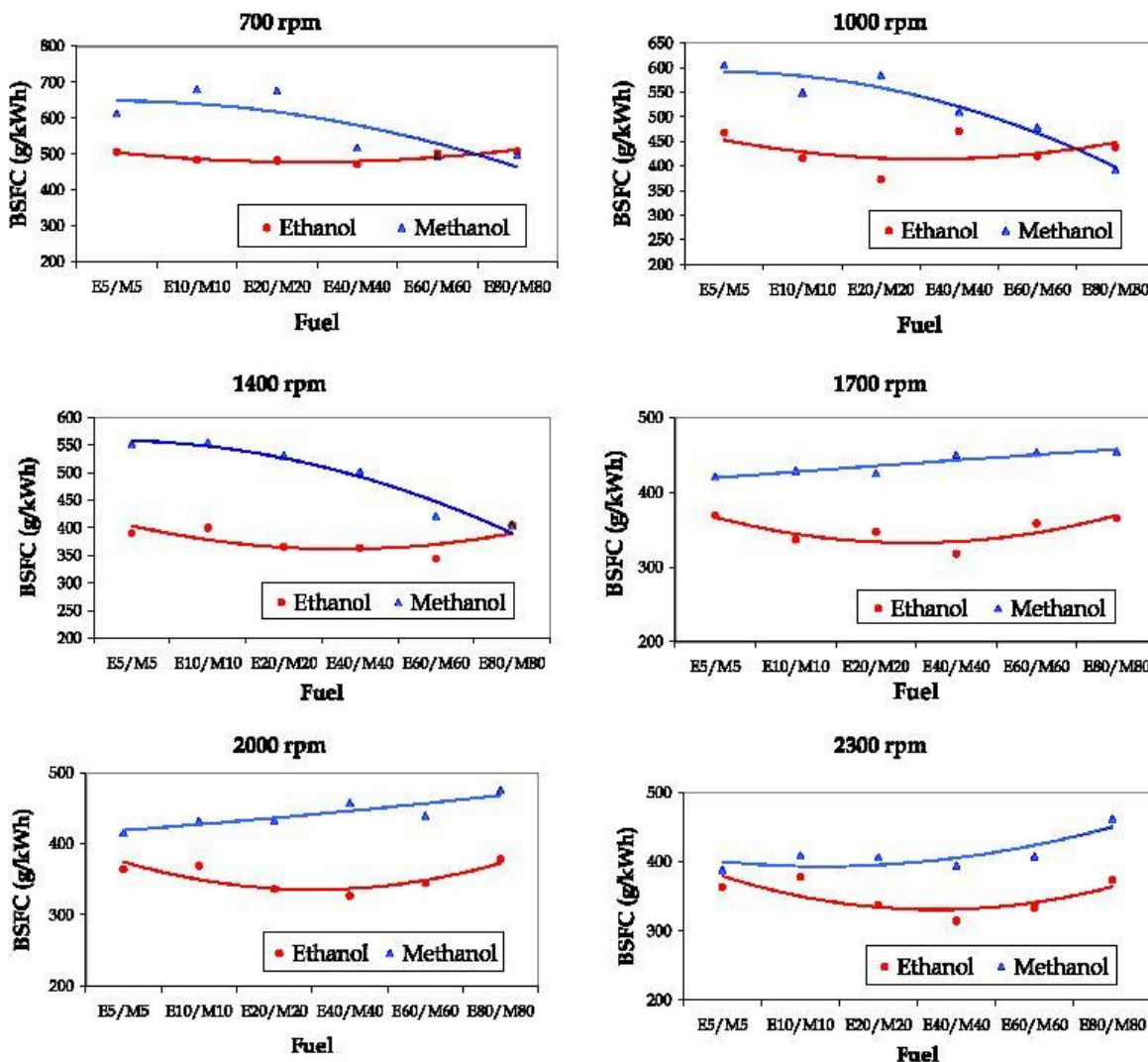
Slika 31 prikazuje usporedbu efektivne snage motora za različite mješavine etanola odnosno metanola sa benzinom te pri različitim brzinama vrtnje. Sa slika se može uočiti da etanol-benzin mješavine imaju značajno veće vrijednosti efektivne snage od metanol-benzin mješavina sve dok postotak mješavine ne dostigne 40% pri nižim brzinama vrtnje (700 - 1400 rpm), da bi nakon toga obje krivulje efektivne snage počele konvergirati. Pri višim brzinama vrtnje (1700- 2300 rpm), krivulje efektivne snage konvergiraju dok postotak mješavine ne dostigne 60%; dok iznad ovog postotka krivulje počinju divergirati.

Slika 31. Usporedba efektivne snage (BP) koristeći različite etanol odnosno metanol – benzin mješavine goriva.



Slika 32 prikazuje usporedbu specifičnih efektivnih potrošnja goriva za različite mješavine etanola odnosno metanola sa benzinom pri različitim brzinama vrtnje. Može se vidjeti da etanol/benzin mješavine imaju značajno niže vrijednosti specifične efektivne potrošnje goriva nego metanol/benzin mješavine. Pri nižim brzinama vrtnje, krivulje specifičnih efektivnih potrošnja goriva konvergiraju, dok pri višim brzinama vrtnje krivulje divergiraju.

Slika 32. Usporedba specifične efektivne potrošnje goriva (BSFC) koristeći različite etanol odnosno metanol – benzin mješavine goriva.



Dodavanje etanola benzinu dovodi do poboljšanja karakteristika benzinskih necestovnih motora niske učinkovitosti. Ovim poglavljem je pokazano da dodavanjem do 30% etanola dolazi do povećanja efektivne snage i momenta te smanjenja specifične efektivne potrošnje goriva. Efektivna snaga te moment mješavina metanola i benzina su niži od efektivne snage i momenta čistog benzina pri svim brzinama vrtnje motora. Također, specifična efektivna potrošnja mješavine metanola sa benzinom je veća od efektivne potrošnje motora koji koristi

čisti benzin. Stoga, ovim poglavljem je pokazano da dodavanje umjerenih količinama metanola benzinu ne utječe znatnije na poboljšanje karakteristike učinkovitosti nemodificiranih benzinskih motora sa unutrašnjim izgaranjem, a razlozi toga se pripisuju nižoj ogrjevnoj vrijednost po jedinici mase metanola te nižem stehiometrijskom omjeru zraka i mješavina metanola sa benzinom.

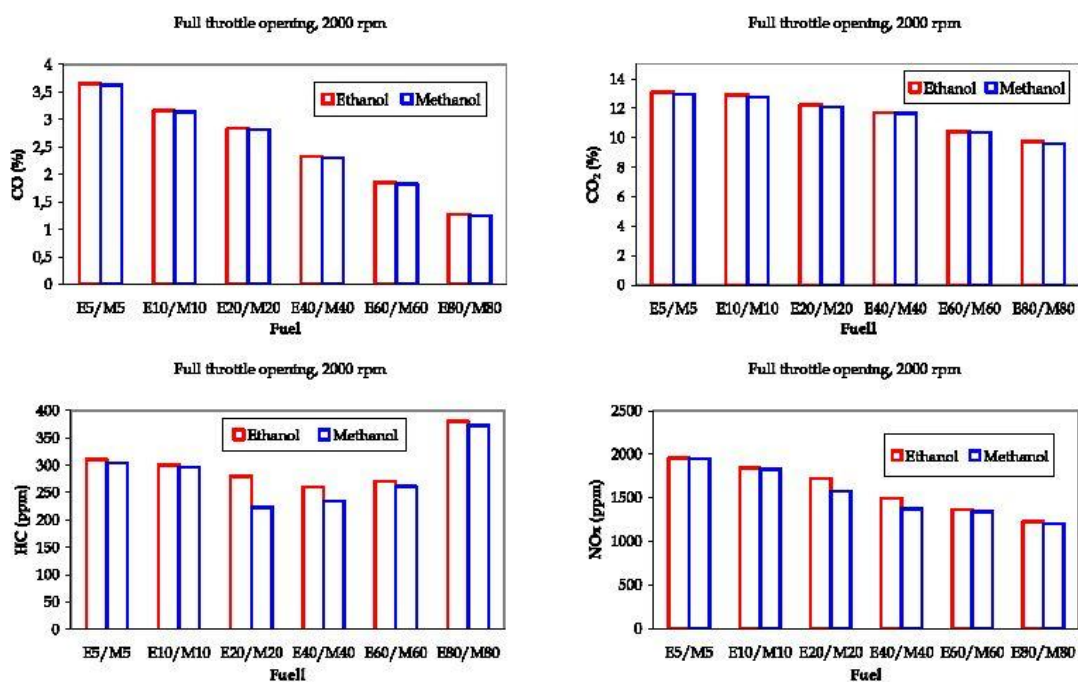
## 7.2. Karakteristike emisije motora

U ovome poglavlju prikazani su rezultati testiranja istog motora pri 2000 okretaja po minuti s motoriĉem zaklopke gasa potpuno otvorenim.

S obzirom da je CO otrovni plin koji je posljedica nepotpunog izgaranja, kada se etanol i metanol koji sadrži kisik pomiješaju sa benzinom, izgaranje motora postaje bolje i stoga se smanjuje emisija CO. S druge strane, CO<sub>2</sub> je netoksiĉan, ali pridonosi efektu staklenika. Koncentracije CO<sub>2</sub> pri 2000 okretaja po minuti motora s potpuno otvorenim motoriĉem zaklopke gasa koristeći mješavine etanola odnosno metanola sa benzinom su smanjene u odnosu na emisije motora koji koristi ĉisti benzin zbog toga jer etanol i metanol sadrže manje atoma ugljika nego benzin, a što posljediĉno znaĉi i nižu emisiju CO<sub>2</sub>. Isto tako na slikama se moŹe vidjeti da kako se postotak etanola odnosno metanola u mješavini poveća, emisija NO<sub>x</sub> se smanjuje.

Mješavine goriva koje sadrŹe visoke udjele etanola odnosno metanola imaju znaĉajan uĉinak na smanjenje emisija ispušnih plinova. Eksperimentalni rezultati pokazuju da su goriva E40 i M20 najprikladnija uzimajući u obzir smanjenje emisija HC, dok s druge strane goriva E80 i M80 pokazala su se najboljima pri smanjenju CO, CO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> emisija u usporedbi s drugim mješavinama goriva.

Slika 33. Utjecaj razliĉitih etanol odnosno metanol - benzin mješavina goriva na CO, CO<sub>2</sub>, HC i NO<sub>x</sub> emisije





## 8. Utjecaj biogoriva na emisije stakleničkih plinova i klimatsku stabilnost

Današnji izgled našeg planeta, kao i klimatski uvjeti koji omogućuju civilizaciju današnjice, rezultat su razvoja tijekom više stotina milijuna godina. Današnja je klima Zemlje još uvijek kontinuitet stabilizacije prilika koje su nastupile pred oko deset tisuća godina (klima, odgovarajući vegetativni pokrivač), od kada datira snažan razvoj ljudske vrste. Od tada do danas svjedoci smo triju velikih revolucija u razvoju čovječanstva: neolitske (stvaranje seoskih zajednica – oko 8000 g. prije Krista), urbane (stvaranje gradskih zajednica – oko 33 stoljeća prije Krista) i industrijske (od 1750. g. do danas), te postindustrijskog društva, na čijem smo začetku.

Zemljina atmosfera, kao višeslojni plinski omotač oko Zemlje, najvećim dijelom pridonosi klimatskim prilikama. Tzv. “staklenički plinovi”, koji danas sudjeluju u tvorbi atmosfere s relativno malim volumnim udjelom (manjim od 0,04 %, odnosno s manje od 4 dcl na 1m3, odnosno 1000 litara zraka) “najzaslužniji” su za staklenički učinak Zemljine atmosfere, koji nastaje zadržavanjem odbijene Sunčeve emisije od površine Zemlje. Smatra se da staklenički plinovi, odnosno atmosfera, pridonose prosječnoj temperaturi na površini Zemlje za 33°C (što znači da temperatura na Zemlji bez toga učinka ne bi bila +15°C, već -18°C).

Isključivši utjecaj vodene pare, danas možemo govoriti o tri skupine stakleničkih plinova. U prvoj se skupini nalaze najznačajniji plinovi, tj. ugljični dioksid (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) i didušikov oksid (N<sub>2</sub>O). Druga je skupina tzv. F-plinova koje ne nalazimo u prirodi, već su rezultat ljudskih djelatnosti (sintetički plinovi), a osnovni su im predstavnici CFC-plinovi (npr. tetrafluorometan i heksafluorometan), HCFC-plinovi (klorofluorouglikovodici) i sumporni heksafluorid (SF<sub>6</sub>).<sup>42</sup> Treća su skupina tzv. indirektni staklenički plinovi, koji pridonose stvaranju (ali i razgradnji) ozona (koji u troposferi predstavlja vrlo nestabilan staklenički plin), od kojih valja istaknuti ugljični monoksid (CO), dušikove okside (NO<sub>x</sub>) te nemetanske lako hlapljive ugljikovodike (NMVOC ili NMHOS).

S obzirom na značaj za staklenički učinak kao rezultat ljudskih djelatnosti, posljednjih su desetljeća u rakurs promatranja uzeti plinovi prve i druge skupine.

---

<sup>42</sup> Brozović, I., Regent, A., Grgurević, M. (2014) Emisije stakleničkih plinova, osobito iz prometa. *Zbornik Veleučilišta u Rijeci*, 2 (1). Dostupno na: [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=190402](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=190402)

Tabela 8. Koncentracija važnijih stakleničkih plinova u troposferi 1750. g. i 2012. g.

Staklenički plin/ koncentracije	Koncentracija u troposferi		Promjena koncentracije 2010. u odnosu na 1750. g.	Relativni staklenički potencijal
	1750. g.	2012. g.		
CO <sub>2</sub>	280 ppm	393 ppm	+40,4%	1
CH <sub>4</sub>	700 ppb	1.800 ppb	+157,0%	25
N <sub>2</sub> O	270 ppb	323 ppb	+20,4%	298
Ozon (O <sub>3</sub> )	25 ppb	34 ppb	+36,0%	?
CFC 11 (CCl <sub>3</sub> F)	0	237 ppt	(100,0%)	4.750
CFC 12 (CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub> )	0	531 ppt	(100,0%)	10.900
HCFC 22 (CHClF <sub>2</sub> )	0	226 ppt	(100,0%)	1.810
Halon (CBrClF <sub>3</sub> )	0	7.140 ppt	(100,0%)	65
SF <sub>6</sub>	0	3.200 ppt	(100,0%)	22.800

Iz podataka Tabele 1 očigledan je porast koncentracije stakleničkih plinova posljednjih 250 godina u troposferskom sloju atmosfere. Prema nekim računama (na osnovu povećane koncentracije plinova dodatno vrednovane stakleničkim potencijalom), u tom je razdoblju došlo do povećanja mogućeg stakleničkog učinka za više od 40 %. S obzirom na snažan porast emisija stakleničkih plinova u promatranom razdoblju (od 1750.- 2012.g.), opće je prihvaćen stav da su antropogene djelatnost temeljni razlog povećanja intenziteta stakleničkog učinka i posljedica koje se njemu pripisuju.

Doprinos emisijama najvažnijih stakleničkih plinova stakleničkom učinku (2010. g.) koji potječu od ljudskih djelatnosti prikazan je u Tabeli 9.

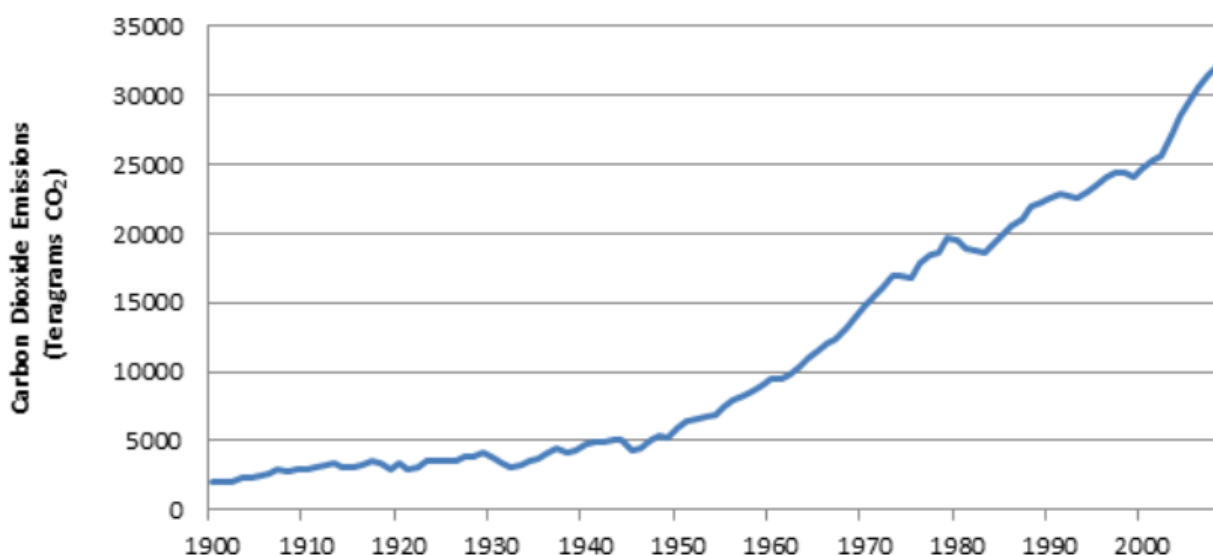
Tabela 9. Stvarni doprinos pojedinih plinova stakleničkom učinku - kao rezultat ljudskih djelatnosti – prema različitim područjima svijeta

Staklenički plin/ doprinos	Doprinos stakleničkom učinku u različitim područjima svijeta			
	Svijet – prema IPCC -u (2007.)	SAD (2010.)	EU (2010.)	RH (2010.)
CO <sub>2</sub>	76,0 %	83,5 %	82,0 %	74,0 %
CH <sub>4</sub>	14,0 %	10,0 %	9,0 %	11,7%
N <sub>2</sub> O	8,0 %	4,5 %	7,0 %	12,6 %
F-plinovi	2,0 %	2,0 %	2,0 %	1,7 %
Ukupno	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %

Pri tome, emisijama ugljikovog dioksida najviše pridonose emisije koje potječu iz djelatnosti proizvodnje energije i rafinerijskih procesa (39 %), industrijskih procesa (21 %), prometa (17 %), grijanja i drugih energetske potreba u kućanstvima i sl. (9 %), šumskih požara (11 %) te ostalih djelatnosti (3 %).



Slika 34. Emisije ugljikovog dioksida od 1900. do 2007. g. uzrokovane izgaranjem fosilnih goriva



Emisije metana dijelom potječu iz emisija kod proizvodnje i transporta goriva (oko 38 %), uzgoja stoke, osobito goveda (31 %), te otpada i ostalih procesa (oko 18 %).

Emisijama didušikova oksida najviše pridonose emisije iz poljoprivrednih djelatnosti (oko 66 %) te otpada i izgaranja (potrošnje) goriva (po 17 %).

F-plinovi rezultat su emisije plinova koji se koriste u rashladnim sustavima, uređajima za gašenje požara, proizvodnje aluminija, magnezija i dr.

Globalno gledajući, na svjetskoj razini, znakovite antropogene emisije stakleničkih plinova potječu iz proizvodnje energije s udjelom od 35 %, industrije 18 %, prometa 13 %, poljoprivrednih djelatnosti 11 %, otpada s 4 %, a za ostatak su zaslužni šumski požari (3 %) te truljenje drva, tresetišta i sl. (udio od 8 %).

Povećane antropogene emisije stakleničkih plinova ne pridonose u cijelom iznosu povećanju stakleničkog učinka i ne odražavaju se linearnim povećanjem stakleničkog učinka na cijeloj Zemljinoj površini. Naime, najveći relativni udio antropogenih emisija stakleničkih plinova kompenziraju ogromne mase oceanskih mora (oko 30 %), dijelom povećani intenzitet fotosinteze zelenih biljaka i drugi procesi u biosferi, a udio nešto manji od 50 % pridonosi povećanju koncentracije stakleničkih plinova u troposferi.<sup>43</sup>

---

<sup>43</sup> Ibid.

Klimatske promjene, kojih smo svjedoci posljednjih desetljeća, osobito se ogledaju kroz:

- povećanje prosječne temperature na Zemljinoj površini,
- povećanje temperatura oceana i povećanje razina soli u njima, uslijed čega se naglo mijenjaju uvjeti života u oceanima, a mijenja se i intenzitet glavnih morskih struja,
- širenje površina pustinja, a smanjenje površine šuma,
- otapanje glečera,
- potencijalnu opasnost porasta površine mora u sljedećih 50 godina, što bi moglo uzrokovati ugrozu za 1/6 svjetskog stanovništva, s nesagledivo teškim posljedicama za cijeli svijet,
- smanjenje snježnog pokrivača u sjevernim dijelovima (u 40 godina u prosjeku za 10 cm godišnje),
- povećanu učestalost padavina,
- povećanu učestalost prirodnih nepogoda (uragani, tajfuni, suše, poplave i dr.).

Upravo je zabrinutost o globalnim klimatskim promjenama uzrokovanim prije svega izgaranjem fosilnih goriva jedan od glavnih pokretača razvoja biogoriva širom svijeta, jer postoje znanstveni dokazi da, ne samo da se Zemlja zagrijava, nego i da se ovo zagrijavanje odvija po ubrzanom postupku sukladno rastu emisija stakleničkih plinova.

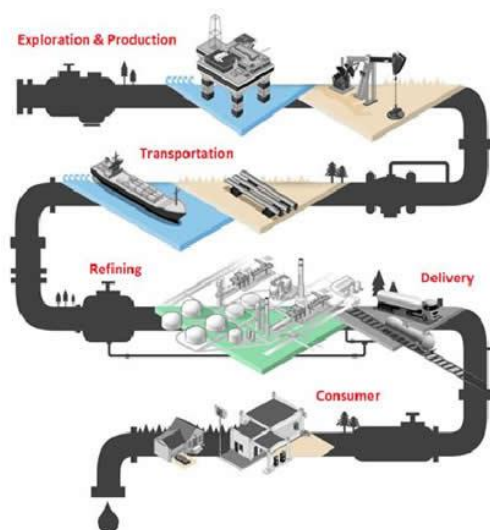
Promet, uključujući emisije nastale proizvodnjom transportnih goriva, smatra se odgovornim za veliki udio globalnih emisija iz energetske sustava i taj udio raste.

Brzorastuće industrijske zemlje, kao što su Kina i Indija, koje trenutačno vode u prodaji transportnih vozila, suočavaju se sa ubrzanom rastom emisija stakleničkih plinova. Barem kratkoročno, osim ako se ljudsko ponašanje u mnogočemu ne promijeni, biogoriva i poboljšanja koja će utjecati na povećanje energetske učinkovitosti vozila su jedini načini da se značajnije smanji stopa emisija stakleničkih plinova iz prometnog sektora te potreba za naftom i naftnim derivatima.

U nastavku ovog poglavlja objašnjava se trenutni i potencijalni utjecaj biogoriva na globalnu klimu kroz različite faze proizvodnje biogoriva, zatim kroz upotrebu biogoriva, kao i kroz cjelokupni životni ciklus.

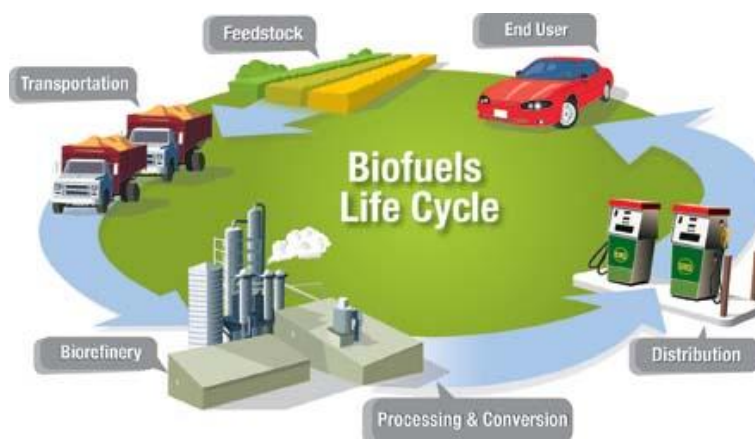
Kada govorimo o naftnim prerađevinama kao što su benzin i dizel, analiza utjecaja životnog ciklusa na klimu nekog od navedenih goriva uključuje sve emisije stakleničkih plinova koje su prisutne tijekom sljedećih faza: istraživanje i proizvodnja nafte, transport i prerada nafte da bi bila za korištenje, skladištenje kao i distribucija i maloprodaja nafte te potom emisije koje nastaju isparavanjem nafte prilikom ulijevanja u vozilo te prilikom procesa unutrašnjeg izgaranja.

Slika 35. Životni ciklus fosilnih goriva



Što se tiče biogoriva, faze koje se razmatraju uključuju sjetvu i žetvu usjeva (uzimajući pritom u obzir i utjecaj na zalihe ugljika pohranjenog u tlu, emisije povezane s energijom neophodnom za obradu zemlje, kao i utjecaj proizvodnje i upotreba gnojiva i pesticida), prerada sirovina u biogorivo (uključujući i ko-proizvode), transport sirovina i konačnog goriva, skladištenje, distribucija te maloprodaja biogoriva kao i emisije koje nastaju isparavanjem te kao rezultat izgaranja.

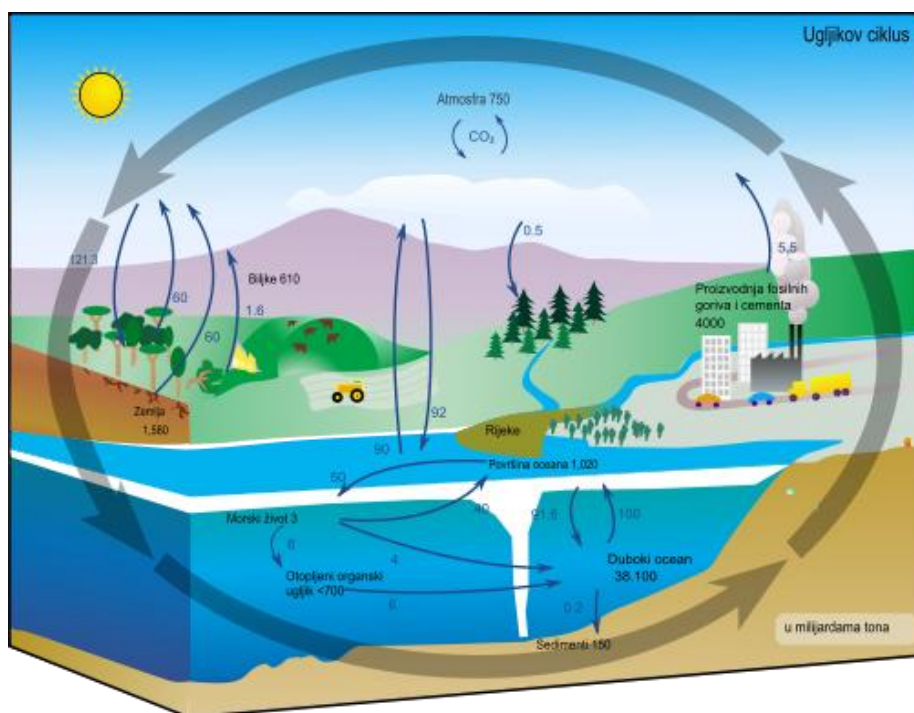
Slika 36. Životni ciklus biogoriva



Klimatski utjecaj biogoriva uvelike ovisi o energetskej bilanci goriva – a to je odnos količine energije oslobođene izgaranjem biogoriva i količine fosilne energije potrebne tokom procesa proizvodnje biogoriva. Ovo pak zauzvrat ovisi o energijskoj intenzivnosti (odnos utroška energije po jedinici dobivene sirovine što uzima u obzir i tip poljoprivrednog sustava i korištena sredstva), obradi i transportu sirovina te transportu završnog proizvoda.

Za razliku od fosilnih goriva, koja sadrže ugljik tisućljećima čuvan ispod površine Zemlje, biogoriva imaju potencijal biti „ugljično neutralni“ tijekom životnog ciklusa, emitirajući samo onoliko koliko sirovine apsorbiraju. Razlog tome je što biogoriva nastaju iz biomase, te se točno ista količina ugljikovog dioksida koju biljke fotosintezom apsorbiraju iz atmosfere oslobađa izgaranjem. Ovo se smatra skoro zatvorenim krugom ugljikovog dioksida.

Slika 37. Dijagram ugljikovog ciklusa



Pored izgaranja, osnovni izvori stakleničkih plinova tijekom životnog ciklusa biogoriva pojavljuju se tijekom proizvodnje ovih goriva. Ugljikov dioksid i drugi staklenički plinovi emitiraju se kultiviranjem usjeva, proizvodnjom nitratnih gnojiva te izgaranjem fosilnih goriva u strojevima korištenim za uzgoj sirovina i njihovu preradu u biogoriva. S druge strane, proizvodnja biogoriva rezultira generiranjem ko-proizvoda, koji mogu poslužiti kao zamjena konvencionalno dobivenim proizvodima i neobnovljivoj primarnoj energiji korištenoj u njihovoj proizvodnji.

S iznimkom nekoliko studija koje govore o povećanju emisija stakleničkih plinova, većina studija pokazuje značajno smanjenje emisija primjenom etanola i biodizela, u usporedbi s konvencionalnim transportnim gorivima. Postoji složnost oko toga da upotreba biogoriva nastalih današnjim tehnologijama može rezultirati znatnim smanjenjem ugljičnih emisija te da će ta smanjenja biti sve veća s upotrebom novih sirovina i tehnologija.

Procjene utjecaja na klimu se razlikuju ovisno o pretpostavkama o: sirovinama koje se koriste, promjenama u korištenju zemlje (gdje i koliko dodatnog zemljišta će biti potrebno te što zamjenjuju bioenergetski usjevi), načinu upravljanja usjevima (uključujući upotrebu gnojiva i obradu tla), prinosima usjeva, procesima i njihovoj učinkovitost (uključujući fosilne tvari korištene pri obradi), relativnoj učinkovitost benzina i etanola (dizel i biodizel, uključujući i mješavine, imaju otprilike istu učinkovitost u vozilima), karakteristikama pridodanim ko-proizvodima te metodama korištenima za računanje potpune emisije tijekom cjelokupnog životnog ciklusa.

Procjene također variraju ovisno o stakleničkim plinovima koji se razmatraju i njihovom relativnom utjecaju. Većina studija uzima u obzir emisije ugljikovog dioksida ( $\text{CO}_2$ ), dušikovog oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ) te metana, ali mnogi izostavljaju ozon. Ozon direktno utječe na klimu, ali se ne emitira tijekom izgaranja goriva. Naprotiv, on se formira fotokemijskom reakcijom s drugim emitiranim plinovima uključujući dušikove okside ( $\text{NO}_x$ ), ugljikov monoksid ( $\text{CO}$ ) i nemetanske organske spojeve. Također, mnoge studije ne uzimaju u obzir i druge plinove koji se mogu smatrati stakleničkim, kao npr. vodik (preko njegovog utjecaja na ozon) i čestice, koje također mogu izmijeniti izračunatu bilancu životnog ciklusa stakleničkih plinova nastalih iz goriva. Važno je imati na umu da se referentni sustav (goriva bazirana na nafti) rijetko kada procjenjuje sa punim GHG računovodstvom što bi uključivalo i emisije metana tijekom proizvodnje.

Ova jednadžba bila bi još i više u korist biogoriva kada bi se uzelo u obzir da se otpad te šumski i poljoprivredni ostaci mogu koristiti kao sirovina. Pa ipak, iako tehnologije koje bi otpad pretvorile u biogorivo postoje, one još uvijek nisu dovoljno komercijalizirane. Većina procjena ovih tehnologija dolazi iz inženjerskih studija, ali se pretpostavlja da će ukupna emisija stakleničkih plinova biti drastično manja korištenjem ovih tehnologija.

## 8.1. Proizvodnja sirovina i žetva

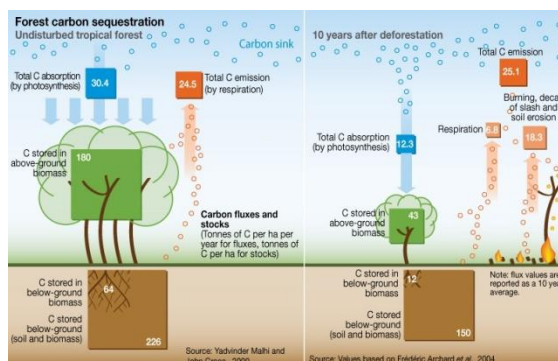
Proizvodnja sirovina, posebice ako je praćena promjenama u iskorištavanju zemlje te upotrebom gnojiva, generalno se smatra najintenzivnijom fazom u životnom ciklusu biogoriva kada govorimo o emisijama stakleničkih plinova. Plinovi ispušteni proizvodnjom sirovina uključuju ugljikov dioksid, dušikov dioksid (zbog primjene nitratnih gnojiva te zbog razgradnje ostataka lišća) te metan.

Različiti usjevi odlikuju se različitim emisijama stakleničkih plinova odnosno mogućnostima sekvestracije ugljika (sposobnost biljaka da uhvate i pohrane ugljik) ovisno o korijenskom sustavu biljaka te potrebama za gnojenjem. Pripadajuće emisije također variraju ovisno o tome gdje se usjevi uzgajaju, budući da klima, solarni izvori i produktivnost tla utječu na prinose usjeva i količinu potrebnog gnojiva. Idući odlomci raspravljaju o klimatskom utjecaju sirovina tijekom njihove proizvodnje i žetve, pobliže promatrajući utjecaje koje donosi promjena u korištenju zemlje, način upravljanja usjevima, te odabir i žetva usjeva.

### 8.1.1. Promjena zemlje

Na globalnoj razini, organska tvar u tlu sadrži dvostruko više ugljika nego što se nalazi u atmosferskom ugljikovom dioksidu, a dodatni ugljik sačuvan je i u biomasi. Budući da su ovi spremnici ugljika tako veliki, čak i relativno male promjene u njihovoj veličini mogu biti od globalnog značaja. Količina ugljika pohranjena (ili sekvestrirana) u biljkama, ostacima i tlu izmjenjuje se kako se mijenja način iskorištavanja tla, uključujući i tijekom uzgoja i žetve biomase. Budući da povećanje u količini zemlje korištene za proizvodnju sirovina može rezultirati velikim otpuštanjem ugljika iz tla i postojeće biomase, mogu se na taj način pobiti sve dobre strane biogoriva desetljećima unaprijed. A budući da bi se promjene prije ponovnog postizanja uravnoteženog sustava mogle događati desetljećima, važno je da je svaka analiza vremenski ograničena.

Slika 38. Sekvestracija ugljika u šumama



Povećana potražnja, a samim time i upotreba biogoriva pridonosi smanjenju emisija stakleničkih plinova u odnosu na fosilna goriva, ali za posljedicu ima krčenje velikih šumskih prostranstava te njihovu pretvorbu u plantaže za proizvodnju biomase, a posebice se ističe pretvorba prašuma u plantaže uljarica u JI Aziji, sa ciljem kako bi se zadovoljila trenutačna svjetska potražnja. Europska unija u ovom trenutku je u deficitu potrebne količine biodizela kako bi se zadovoljio utvrđeni cilj, budući da više od polovine zemalja nije investiralo na vrijeme u izgradnju rafinerija i povećanje proizvodnje uljarica.<sup>44</sup> Osim toga problem predstavlja i nagli porast potrošnje dizelskog goriva u odnosu na motorni benzin uzrokovan nestabilnom političkom situacijom u svijetu te rastom cijena nafte te naftnih derivata u posljednjih nekoliko godina. Uzevši u obzir sve prethodno navedeno procijenjeno je da će biodizel proizveden iz palminog ulja u sljedećih nekoliko godina na tržištu EU dosegnuti udio od čak 25% u ukupnoj potrošnji biodizela, što ima za posljedicu uništavanje jednog od najdragocjenijih predjela tropskih prašuma na svijetu. Razlog povećanja udjela biodizela proizvedenog iz palminog ulja krije se u činjenici da palmino ulje karakterizira znatno veći prinos po jedinici površine u odnosu na tradicionalne uljarice kao što su uljana repica i soja te u znatno nižim troškovima proizvodnje, što pak utječe na finalnu cijenu produkta.

Uzevši u obzir uobičajeni prinos uljane repice te trenutačnu potrošnju fosilnog dizela u EU, da bi se ostvario zadani cilj od 8 % supstitucije fosilnog dizela biodizelom, za uzgoj uljane repice i proizvodnju biodizela potrebna bi nam bila površina veličine jednaka Rumunjskoj. A kada bi željeli supstituirati cjelokupnu količinu dizela biodizelom, više od polovine površine EU bilo bi prekriveno nasadima uljane repice. Ovakve činjenice upućuju na potrebu uvoza sirovina za proizvodnju biodizela iz drugih dijelova svijeta.<sup>45</sup>

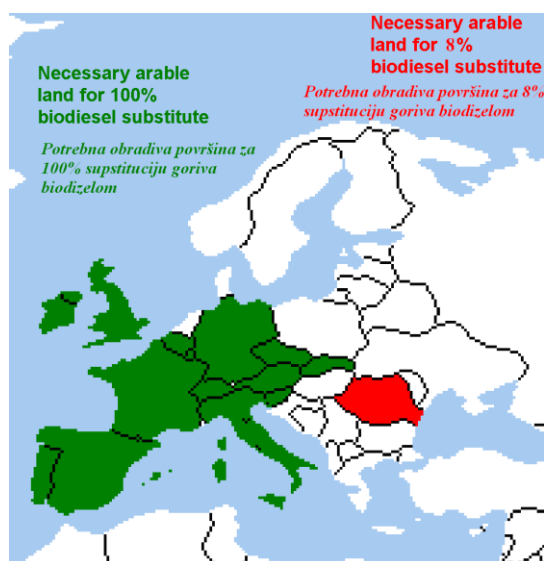
---

<sup>44</sup> Kurevija, T. (2007) Negativni ekološki učinci globalne proizvodnje biodizelskog goriva. *Goriva i maziva*, 46 (2). Dostupno na: [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=18928](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=18928)

<sup>45</sup> Ibid.

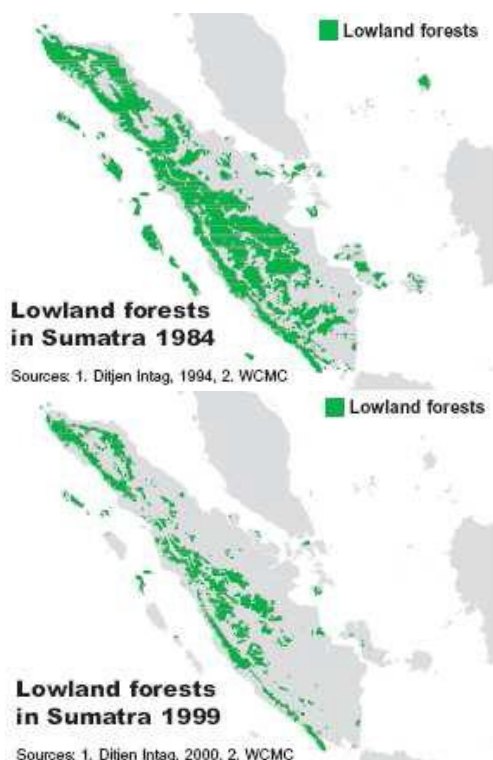


Slika 39. Prikaz površine koja bi bila potrebna kako bi se ostvario cilj supstitucije dijela fosilnog dizela biodizelom



Primjera radi, od 1989. do 2000. godine, površine za uzgoj palmi u Indoneziji utrostručile su se, što je sukladno rastu proizvodnje palminog ulja u svijetu za to razdoblje. U 2003. godini, 75 % od ukupnih 5,2 milijuna hektara palminih plantaža bilo je smješteno na Sumatri te 18 % na Kalimantanu. Sukladno povećanju potražnje za biodizelskim gorivom očekuje se povećanje površine palminih plantaža za četiri puta do 2020. godine, na otprilike 20 milijuna hektara obradive površine u Indoneziji te 10 milijuna hektara u Maleziji.

Slika 40. Prikaz uništavanja Indonezijskih prašuma zbog proizvodnje palminog ulja





U vremenu između 1985. i 2000., širenje palminih plantaža smatra se odgovornim za 87 % ukupne iskrčene površine tropskih šuma u Maleziji, dok je ta brojka u Indoneziji iznosila 66 %.<sup>46</sup>

Također, vrlo često se događa da veličina iskrčene površine tropske prašume ne odgovara realnoj zasađenoj površini, ili se pak plantaže uopće ne zasade, zbog sumnjivih radnji tvrtki povezanih s proizvodnjom ulja iz palmi. Procijenjeno je da bi ukupna površina iskrčenih tropskih šuma u zadnjem desetljeću, zbog prijavljenog poslovanja vezanog uz plantaže palmi, neovisno o tome da li je na kraju doista plantaža zasađena ili ne, mogla premašiti 10 milijuna hektara. Oko 40 % legalne opskrbe drvne industrije potječe izravno od krčenja tropskih šuma zbog nasada palmi. Ako preostala količina drva nije ekonomski isplativa za distribuciju na tržište, izazivanjem šumskih požara nastoji se iskrčiti šumsko prostranstvo te se to smatra jednim od najznačajnijih doprinosa globalnim emisijama stakleničkih plinova 1997./98. godine (deforestacija oko 5 milijuna hektara tropskih šuma).

Iako takve okolnosti pridonose globalnoj promjeni klime, one isto tako mogu imati jako veliki utjecaj na promjenu klime na regionalnoj razini. Studije pokazuju da uništavanje šuma širokih razmjera može utjecati na hidrološki ciklus i regionalnu klimu, povećavajući time temperaturu i smanjujući količinu padalina. Primjerice, uništavanje Amazone moglo bi dovesti do ozbiljnih poremećaja hidroloških ciklusa, prijeteci tako ozbiljnim smanjenjem oborina u unutrašnjosti zemlje (ogromno prostranstvo koje je dom za oko 935 vrsta ptica i skoro 300 vrsta sisavaca, uključujući mnoge koje su ugrožene ili izumiru).

Općenito govoreći, prenamjenom prirodnog zemljinog pokrivača u intenzivno obradivu površinu s godišnjim usjevima smanjuje se biomasa biljaka iznad zemlje i s vremenom uzrokuje emitiranje ugljika iz tla, a razlozi leže u manjoj količini ostataka te u povećanoj temperaturi tla te aeraciji čime se uzrokuju dodatni gubitci. Čak i prenamjena u „održive“ energetske usjeve može smanjiti udio ugljika u tlu ako se primjerice prašume iskrče kako bi se omogućila proizvodnja sirovina za biogoriva.

Ako s druge strane, zemlju prenamijenimo od postojećih godišnjih usjeva na višegodišnje travnate vrste, kao što je recimo prirodna trava, organska tvar u tlu progresivno raste; s drvnim usjevima, organska tvar raste na godišnjoj razini. To se događa zbog težnje dugogodišnjih usjeva da u tlu ostave više ugljika u obliku korijenja, a manjak obrađivanja

---

<sup>46</sup> Ibid.

zemljišta smanjuje brzinu razgradnje materije u tlu. Prema tome, velika je vjerojatnost da bi kultura višegodišnjih usjeva na poljima na kojima su prije bili godišnji usjevi, povećala organski sadržaj ugljika u tlu.

Zapravo, tlo ima daleko veći kapacitet za pohranu ugljika nego privremeno vezivanje CO<sub>2</sub> na usjeve iz biomase. Ali svaka promjena zahtijeva vrijeme. Uz to, potencijal odvajanja ugljika je specifičan za svaku lokaciju te ovisi i o prethodnom i trenutnom iskorištavanju zemlje, poljoprivrednoj praksi, klimatskim karakteristikama te o karakteristikama tla. Isto tako treba naglasiti da rezervoar pohrane u tlu postoji samo onda kad potencijalni rezervoari nisu napunjeni, drugim riječima, kada je sve drugo izjednačeno, govorimo o maksimalnoj količini ugljika koja može biti sačuvana u vegetaciji i tlu u svakom podneblju. Nadalje, odvajanje ugljika je reverzibilna reakcija. Svaki ugljik koji se akumulira u tlu ili biomasi može biti otpušten ako se upotreba zemlje nakon nekog vremena vrati na ono za što se prethodno koristila za godišnje usjeve. Prema tome, očuvanje ugljika u tlu može biti samo kratkoročna opcija za smanjenje emisije stakleničkih plinova.

### **8.1.2. Upravljanje usjevima**

Upravljanje usjevima – što uključuje određenu razinu upotrebe gnojiva i pesticida, goriva korištenih za pokretanje strojeve za obradu zemlje, načine navodnjavanja te tretiranja zemlje, također imaju važnu ulogu u određivanju utjecaja biogoriva na klimu. Izgaranje dizelskih goriva za pokretanje traktora i drugih strojeva otpušta ugljikov dioksid, uz dodatak NO<sub>x</sub> spojeva i ugljikovodika, koji pomažu stvaranje ozona. I navodnjavanje usjeva, a da se pritom koristi fosilna energija također otpušta ugljikov dioksid. Na zapadu SAD-a uzgoj soje i kukuruza je praćen visokim stupnjem navodnjavanja, kao i područja u Europi gdje se uzgaja uljana repica te neka manja područja poznata po proizvodnji šećera u sjevernoistočnom Brazilu.

Najutjecajniji faktor u smislu utjecaja na klimu ipak su kemijski dobivena gnojiva (umjetna gnojiva), koja zahtijevaju velike količine energije dobivene iz fosilnih goriva. Uobičajeno, gnojiva i pesticidi proizvode se uz upotrebu prirodnog plina, a posebno valja istaknuti nitratno gnojivo, koje može zahtijevati jako veliku količinu prirodnog plina. Pesticidi su najčešće bazirani na fosilnim gorivima, povećavajući time ukupnu količinu ulazne energije te samim time emisije stakleničkih plinova.

Neka od nitratnih gnojiva korištenih na poljima u konačnici uzrokuju emisije dušikova oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ), koji se otpušta direktno iz tla ili kroz otpadne vode. Dušikov dioksid je potentni staklenički plin na koji otpada 6% emisija svih antropogenih stakleničkih plinova, dok anorgansko nitratno gnojivo zauzima oko 60% od prije spomenutog ukupog udjela; mahunasti usjevi kao što je soja zauzimaju 25% od tog iznosa. Atmosferska koncentracija dušikovog dioksida raste godišnje za 0.2 do 0.3%. Količina emisija ovisi o vrsti tla, podneblju, usjevima, metodi obrade te o primjenjenoj količini.

Primarni energetske zahtjevi potrebni za proizvodnju nitratnih gnojiva variraju od područja do područja, kao što je to slučaj i s upotrebom gnojiva. Upotreba se također razlikuje ovisno o vrsti usjeva. Primjerice, velike količine gnojiva koriste se pri uzgoju kukuruza, a pri dovoljno velikim količinama proizvodnja i upotreba gnojiva može činiti i do 70% od ukupno utrošene energije u poljoprivredi, te samim time još i veći udio u emisijama stakleničkih plinova zahvaljujući njegovoj degradaciji u  $\text{N}_2\text{O}$ . Nasuprot tome, soja, koja je nitrogeni učvršćivač, zahtjeva bitno manje nitratnog gnojiva. Isto tako, istraživanja se provode kako bi se utvrdilo, da li bi uzgajanje međukulture kao što je recimo soja na poljima višegodišnjih usjeva omogućilo smanjenu primjenu nitratnih gnojiva.

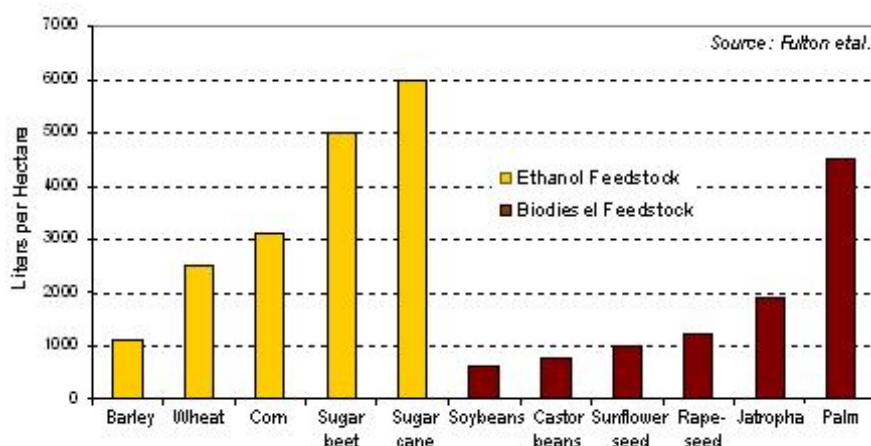
Svaki napor da se smanji upotreba gnojiva i pesticida ili da se zamijeni upotreba fosilnih goriva za pokretanje opreme na farmama ili kod obrade zemlje, mogao bi znatno smanjiti emisije stakleničkih plinova. Primjerice, biogoriva i obnovljiva energija može se koristiti za pokretanje opreme, smanjujući tako utjecaj na klimu. Umjesto da obrađuju zemlju, farmeri bi mogli posaditi višegodišnje usjeve ili usvojiti praksu konzervacijske obrade tla (sustav obrade tla pri kojem se biljni ostaci zadržavaju na ili pri površini, ili se održava izvjesna neravnost površine, ili pak oboje, s ciljem suzbijanja ili ublažavanja erozije ili postizanja povoljne vlažnosti tla) uključujući direktno sijanje, što zapravo povećava očuvanje ugljika u tlu, ostavljajući organsku tvar relativno netaknutom.

### 8.1.3. Odabir sirovina

Odabir sirovina za proizvodnju etanola i biodizela je ključna stvar. To određuje sve, od prinosa energije po jedinici obradive površine, do upotrebe gnojiva i količine ugljika koja se može nataložiti u tlu.

Pri proizvodnji etanola, žitarice poput kukuruza, ječma i pšenice generiraju velike količine škroba, ali su manje efikasne u pogledu potrebne obradive površine i upotrebe gnojiva nego što je to šećerna trska. Npr. kod europske sorte pšenice, prinos je 2500 etanola po hektaru obradive površine dok je kod europske uljane repice, koja se koristi kod proizvodnje biodizela, prinos 1200 litara goriva po hektaru obradive površine.

Slika 41. Prinosi biogoriva po hektaru zavisno od odabira usjeva



Nasuprot tome, iz palminog drveta se može proizvesti gotovo 5 puta više ulja po hektaru negoli iz uljane repice i gotovo 10-ak puta više ulja nego iz soje. Iako su manje produktivni nego palmino drvo, grmlje jatrofe još uvijek je daleko produktivnije po hektaru nego uljana repica. A testni nasadi ukrasnog prosa (switchgrass, *Panicum Vergatum*) u SAD-u proizveli su 10900 litara etanola po hektaru godišnje. Kineski šaš (rogoz) i hibridne topole također imaju potencijal za visoke prinose.

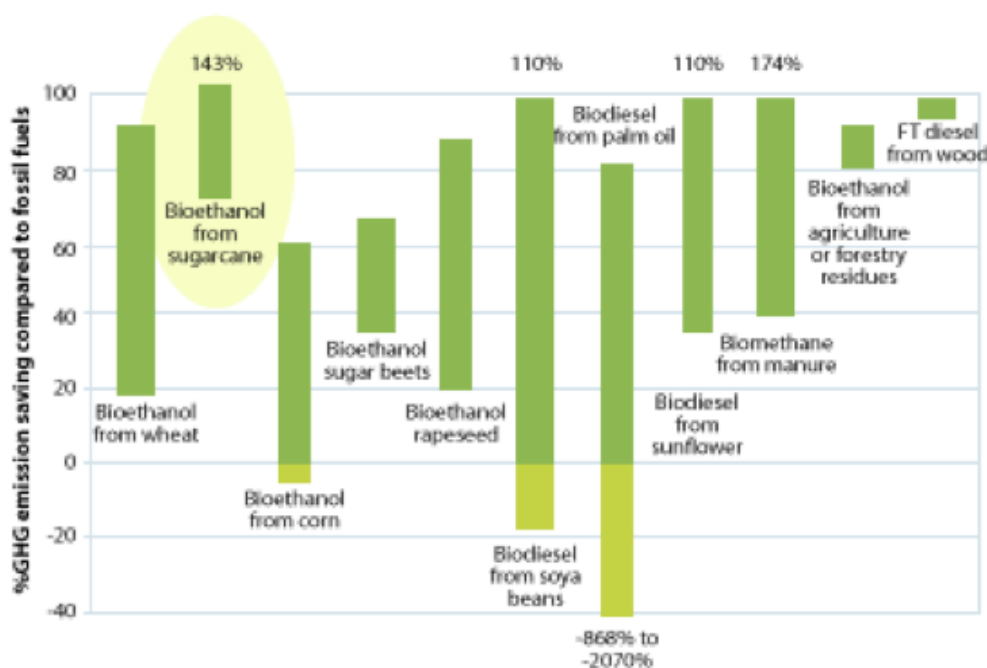
Kao dodatak njihovom visokom prinosu po jedinici obradive površine, takvi energetske usjevi zahtijevaju manji unos gnojiva i pesticida, ne zahtijevaju obradu zemljišta i mogu izdvojiti značajne količine ugljika u tlo. Budući da višegodišnji usjevi imaju kapacitet da obnove sadržaj ugljika u tlu tijekom vremena, mogu pomoći poboljšanju kvalitete uništene zemlje. Ukrasni proso, primjerice, zapravo širi svoj korijenski sustav nakon žetve, povećavajući tako organsku tvar u tlu i povećavajući izdvajanje ugljika.

Međutim, utjecaj na emisije stakleničkih plinova ovakvih usjeva uvelike ovisi o tome koju vrstu usjeva smo zamijenili. Ako zamjenjuju prirodne pašnjake ili šume, emisije stakleničkih plinova će se vjerojatno povećati, ako su pak s druge strane energetske usjevi posađeni na neproduktivnoj ili neplodnoj zemlji na kojoj uobičajeni usjevi ne mogu rasti ili na mjestu godišnjih usjeva (npr gdje je kukuruz uzgajan za etanol, uljana repica za biodizel), tada oni imaju mogućnost značajnog smanjenja pridruženih emisija. Mnoge biljke kao što su jatrofa i pongamia mogu uspjeti na neproduktivnoj zemlji gdje konvencionalni usjevi ne mogu.

Konačno, ostaci usjeva te šumski ostaci, životinjski otpad i organski dio komunalnog otpada, svi oni mogu biti iskorišteni za proizvodnju goriva uz pomoć nadolazećih naprednih tehnologija. Ovo su sirovine koje inače nemaju nikakve upotrebe, same za sebe ne zahtijevaju zemlju, gnojenje ili navodnjavanje, te mogu pružiti korisnu energiju.

Slika 42. Smanjenje emisija stakleničkih plinova u odnosu na fosilna goriva

### GREENHOUSE GAS SAVINGS OF BIOFUELS COMPARED TO FOSSIL FUELS



#### 8.1.4. Žetva

Način kojim se obavlja žetva usjeva, uključujući sami postupak žetve, trenutak žetve i strojeve koji se koriste, isto tako utječe na razinu emisije stakleničkih plinova povezanih s procesom žetve.

Primjerice, na određenim vstama tla, uklanjanje ostataka usjeva može rezultirati otpuštanjem ugljika iz tla (suprotno od izdvajanja ugljika u tlo), uz napomenu da se time između ostalog štetno utječe i na druge faktore koji imaju utjecaj na zdravo funkcioniranje tla. Postoje dokazi da uklanjanje ostataka mijenja brzinu fizičkih, kemijskih i bioloških procesa u tlu, uzrokujući više fluktuacija u temperaturi tla, kao i povećanu količinu isparavanja vode. Jedna studija tvrdi da žetva ostataka može smanjiti organski ugljik u tlu do 35% usporedivo sa slučajem kada se ostaci ostave netaknuti; ovo je prosjek za sve sustave obrade tla. Druge studije su otkrile da je organski ugljik u tlu (na primjeru usjeva kukuruza) najveći tamo gdje se primjenjuje metoda direktnog sijanja („no-till system“), a gdje ostaci ostaju na tlu, dok je najniži tamo gdje su primjenjeni direktni sustavi sijanja, ali ostaci su maknuti s tla.

I dok je tvar na površini jako važna, korijen daje najveći doprinos organskoj tvari u tlu i predstavlja najvažniji dio biljke za obradu ugljika. Zapravo, jedna od najvećih prednosti prosa je u tome što njezin korijenski sustav zapravo raste i odvaja više ugljika u tlo nakon žetve svake godine, kao što je prije i navedeno.

Vrijeme (engl. timing) žetve može također biti važno – na primjer, drveće treba žeti zimi, tako da lišće ne bude pomaknuto s područja. Također, oranje zemlje može imati čak i veću ulogu od pomicanja ostataka u otpuštanju ugljika iz tla. Ostavljanje ostataka na zemlji i sadnja pokrovnih usjeva koji sprječavaju uništavanje tla nakon žetve mogu pomoći pri rješavanju ovog problema.

Upotreba strojeva koje uglavnom pokreće dizel, također rezultira emisijom stakleničkih plinova. Paljenje šećerne trske prije žetve, što je normalna praksa u Brazilu, otpušta jednu trećinu biomase u zrak u obliku ugljikovog dioksida, uključujući također i određenu količinu emisija metana i NO<sub>x</sub> spojeva. Ovo predstavlja izgubljeni priliku jer se suha tvar mogla iskoristiti kao procesna energija koja bi neutralizirala upotrebu fosilnih goriva.

## 8.2. Rafiniranje sirovina u biogoriva

U preradi, najvažniji faktori s obzirom na klimatski utjecaj su efikasnost procesa prerade ili samog postrojenja (odnos uložene i dobivene energija), izvor procesne energije (fosilna vs. obnovljiva energija) i emisije koje se pripisuju ko-proizvodima. Efikasnost prerade sirovine u biogorivo je važna jer se time određuje količina sirovina potrebnih za određeni volumen biogoriva, što na kraju, utječe na količinu zemlje i fosilnih goriva potrebnih za uzgoj, transport te obradu usjeva.

Značajne količine energije – u obliku procesne topline, mehaničke energije i struje- potrebne su za proces rafiniranja. U Sjevernoj Americi i mnogim drugim regijama, većina energije dobiva se iz prirodnog plina i ugljena, s time da su oba goriva korištena i direktno i za generiranje struje. Međutim, i preostala biomasa se može spaljivati sa ciljem da se generira struja ili para te da se time smanji ili gotovo potpuno eliminira potreba za vanjskim izvorima energije. U Brazilu, *bagasse* (suproizvod drobljenja šećerne trske) koristi se za proizvodnju energije, omogućavajući time rafinerijama da budu skoro potpuno neovisne tijekom procesa rafiniranja, a neke čak i prodaju viškove svoje energije gradskoj mreži. Tvornice šećera u američkoj državi Hawaii također spaljuju *bagasse* da bi dobili energiju, a ostatke isto tako prodaju lokalnoj električnoj zajednici. Korištenjem obnovljive energije pri procesu obrade moglo bi se znatno smanjiti emisija stakleničkih plinova povezanih s procesom proizvodnjom biogoriva, posebice ako se zamjenjuju ugljen.

Kada biljke od kojih se dobiva biogorivo proizvode i ko-proizvode, kao što je životinjska hrana (tijekom proizvodnje etanola) ili glicerol i zasićene masne kiseline za sapune (tijekom proizvodnje biodizela)- emisije koje se otpuštaju tijekom procesa prerade se „dijele“, što znači da količina emisija koja otpada na biogoriva postaje niža nego što bi to inače bio slučaj.

Ko-proizvodi mogu zamijeniti konkurentne proizvode koji zahtjevaju energiju, dakle, oni mogu neutralizirati energiju potrebnu da se ovi proizvodi naprave na drugi način. Primjerice, životinjska hrana proizvedena tijekom prerade kukuruza u etanol ili soje u biodizel, može smanjiti potrebu za uzgojem kukuruza ili soje koji se koriste isključivo za proizvodnju stočne hrane. Sačuvana energija može djelomično neutralizirati energiju potrebnu za proizvodnju biogoriva. Ko-proizvodi, kao što je npr. slama, također se mogu pretvoriti u još više goriva.

Podrobnije analize pokazuju da su izračuni energije (dakle i emisija stakleničkih plinova) poprilično osjetljivi na pretpostavke o ko-proizvodima. Samim time, bili oni uključeni ili ne i

kako može predstavljati veliku razliku u tvrdnjama povezanim s emisijama tijekom proizvodnje biogoriva. Većina studija koja razmatra emisiju stakleničkih plinova tijekom životnog ciklusa etanola proizvedenog od primjerice kukuruza pretpostavlja da razni ko-proizvodi smanjuju izračunatu emisiju etanola do 5-15%.

### **8.3. Prijevoz sirovina i goriva**

Sirovine se od polja do rafinerija uglavnom prevoze kamionima, putujući od nekoliko desetaka do nekoliko stotina kilometara. Svaki teret koji se prevozi kamionom je znatno manji od tereta koji se prevozi tankerom pa se niti ne mjere po istoj ekonomskoj računici, a i kamioni isto tako moraju prevoziti određenu količinu suvišne vode, vlakana i proteina koji su sadržani u biljnim sirovinama, a koji povećavaju transportne energetske zahtjeve. Prijevoz vlakom ili cjevovodom, gdje je to moguće, mogao bi značajno smanjiti emisije, ali današnje potrebe za gorivom, a samim time i emisije koje ih prate su minimalne za distribuciju biogoriva do benzinskih crpki. Studija koju je napravio National Renewable Energy Laboratory (NREL), a koja uspoređuje dizel nastao od soje sa dizelom proizvedenim preradom nafte, zaključuje da prijevoz sirove nafte zahtjeva pet puta više energije (po jedinici konačnog goriva) zahvaljujući dužim transportnim relacijama, što znači da je zračenje koje nastaje prijevozom sojinog biodizela mnogo manje od zračenja koje nastaje prijevozom konvencionalnog dizela.

I dok je danas trgovanje biogorivom na globalnoj razini još uvijek relativno malo, ova situacija se brzo mijenja. Trgovanje biogorivima će rasti kako bude rasla potrošnja te kako domaće potrebe bude veće od proizvodnog potencijala. U tom trenutku će prijevoz biogoriva na velike udaljenosti imati značajni faktor. U isto vrijeme, udaljenosti koju sirovine, a posebno biogoriva prelaze, imaju samo mali utjecaj na odgovarajuće emisije ugljikovog dioksida tijekom životnog ciklusa biogoriva budući da su zahtjevi za energijom kada je u pitanju prijevoz na daleke relacije relativno maleni po volumenu isporučenog goriva.



#### 8.4. Izgaranje

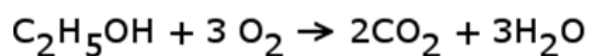
Izgaranje biogoriva rezultira otpuštanjem ugljikovog dioksida u atmosferu, ali budući da emisije ionako jesu dio ugljikovog ciklusa - apsorbiraju ga biljke tijekom rasta - one ne pridonose dodatnim emisijama ugljikovog dioksida. NREL (National Renewable Energy Laboratory) tvrdi da biodizel iz soje emitira 10 posto više ugljikovog dioksida nego dizel proizveden preradom nafte većinom zahvaljujući potpunijem sagorijevanju. Pa ipak, većina ugljikovog dioksida je obnovljiva jer se ponovno apsorbira tijekom rasta biljaka.

Slika 43. Ekološka prihvatljivost biogoriva

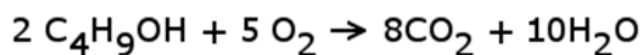


Slika 44. Kemijska formula izgaranja etanola, butanola i biodizela

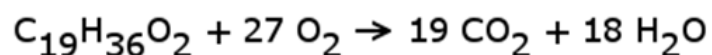
Etanol



Butanol



Biodizel



## 9. Proizvodnja biogoriva u svijetu i EU

Proizvodnja i primjena biogoriva je u fazi globalnoga rasta, kako zbog povećanja obujma postojećih proizvodnih kapaciteta, tako i zbog uključivanja novih država u sam proces proizvodnje. Rast investicija u proizvodnju biogoriva je potaknut nizom faktora kao što je primjena efikasnijih proizvodnih procesa, zakonske regulative od strane politike o obaveznim udjelima biogoriva u ukupnom utrošku energije te povećanjem cijena nafte te njezinih derivata. Isto tako interes većine vlada je da se pronađu nova tržišta za poljoprivrednike i njihove proizvode te da se smanji emisija stakleničkih plinova.<sup>47</sup>

Tri danas najviše korištena biogoriva su etanol, biodizel te hidroobrađeno biljno ulje (eng. hydrotreated vegetable oil, HVO) također poznato i kao "zeleni dizel." Etanol se trenutačno miješa sa benzinom, dok se biodizel u određenim omjerima miješa sa fosilnim dizel gorivima kako bi mu se omogućila primjena u konvencionalnim vozilima. Etanol čini većinu svjetske proizvodnje biogoriva (od 116,6 milijardi litara biogoriva proizvedenog na globalnoj razini u 2013. godini, 75% pripada etanolu) dok ostatak čini biodizel.

U usporedbi sa preradom nafte, koja je razvijena u vrlo velikom mjeri, proizvodnja biogoriva je znatno manjeg obujma i više decentralizirana. U slučaju biodizela, gdje široki spektar biljaka i životinjskih ostataka može biti korišten kao sirovina, postoji tendencija za tzv. disperznom proizvodnjom što znači da proizvođači imaju mogućnost ekstrakcije ulja na jednom mjestu te potom slanja na neku drugu lokaciju na obradu.<sup>48</sup>

Proizvodnja etanola je u nešto značajnijoj mjeri centraliziranija nego što je to slučaj sa biodizelom. U SAD-u proizvodnja je uglavnom smještena u srednje-zapadnim državama koje raspolažu obilnim količinama kukuruza, kao što je Iowa, Illinois, Minnesota, Nebraska i Južna Dakota. U Brazilu, proizvodnja etanola iz šećerne trske je uglavnom smještena u srednje-južnoj regiji, uglavnom u državi São Paulo.

Tehnološki napredak, investicije te politička volja nagovještavaju da će se rast upotrebe biogoriva nastaviti i u desetljećima koja dolaze te da ova goriva imaju potencijal da u velikoj mjeri zamijene danas korištena goriva. Neke od studija govore da bi u sljedećih 25 godina biogoriva mogla zamijeniti do 37% američke proizvodnje benzina, uz mogućnost rasta ove

---

<sup>47</sup> The Worldwatch Institute. (2007) Biofuels For Transport: Global Potential And Implications For Sustainable Energy And Agriculture. London.

<sup>48</sup> Ibid.

brojke do čak 75% u slučaju da se efikasnost vozila udvostruči u istom periodu. Biopotencijal EU zemalja je u granicama od 20-25% uz primjenu održivih kriterija proizvodnje.<sup>49</sup>

## **9.1. Proizvodnja biogoriva u svijetu**

### **9.1.1. Etanol**

Kada je u pitanju proizvodnja etanola, SAD i Brazil dominiraju tržištem, kumulativno čineći 87% svjetske proizvodnje etanola. U 2013. godini SAD su proizvele 13,2 milijardi galona, što predstavlja 57% ukupne svjetske proizvodnje etanola; Brazil je proizveo dodatnih 6,7 milijardi galona; dok ostatak proizvodnje pripada Argentini, Kanadi, Kini te Indiji.<sup>50</sup>

Obje zemlje karakterizira duga povijest snažnih državnih poticaja proizvodnji etanola. Podrška SAD-a proizvodnji etanola kao goriva započela je još 1978. godine primjenom tzv. Energy Tax Act-a. Pored toga američka vlada je pokrenula potpomognute zajmove koji su bili na raspolaganju proizvođačima etanola za izgradnju postrojenja te je uvela uvoznju pristojbu radi zaštite domaćih proizvođača etanola od jeftinijeg uvoznog etanola (uglavnom iz Brazila).

Kao rezultat poticaja, proizvodnja etanola u SAD-u polako je rasla s vremenom, dosegnuvši 1,6 milijardi galona do 2000. godine te 3,9 milijardi galona do 2005. godine. Nakon toga američki Kongres daje industriji ogroman poticaj zahtijevajući upotrebu etanola donoseći Energy Policy Act 2005. godine. Jedna od ključnih odredaba nove energetske politike bilo je zasnivanje Renewable Fuel Standard-a (RFS) koji je zahtijevao uvođenje 4 milijarde galona etanola u sustav opskrbe gorivom u 2006. godini, nakon čega je taj iznos povećavan svake godine da bi 2012. iznosio 7,5 milijardi galona etanola.

Kongres je također ubrzao uvođenje etanola tzv. Zakonom o energetske neovisnosti i sigurnosti iz 2007. godine. Novi zakon zahtijeva je korištenje 12 milijardi galona etanola proizvedenog iz kukuruza u opskrbi SAD gorivom do 2010. godine, te 15 milijardi galona etanola do 2015. godine.

Državne direktive u Brazilu imaju još dužu povijest, koje datiraju još iz 1976. Tri desetljeća vladinih poticaja uz privatne investicije omogućile su Brazilu razvoj naprednih proizvodnih procesa, a sve sa ciljem kako bi etanol krajnjem potrošaču bio ekonomski isplativ. Propisani postotak etanola u Brazilu je veći nego u SAD-u (uglavnom se kreće između 20% i 25%), te

---

<sup>49</sup> Ibid.

<sup>50</sup> Dostupno na: <http://oilprice.com/Alternative-Energy/Biofuels/The-Global-Outlook-For-Biofuels.html>

su tamošnje auto tvrtke razvile tzv. fleksibilna vozila koja imaju sposobnost pokretanja različitim koncentracijama etanola. Kao što je već više puta spomenuto etanol u Brazilu je proizveden iz šećerne trske, za razliku od etanola u SAD-u, koji gotovo u cijelosti potječe od kukuruza.

Ako uspoređujemo proizvodne kapacitete plantaža u Brazilu te u SAD-u dolazimo do podatka da je prosječni kapacitet plantaža u SAD-u gotovo 3 puta veći nego kapacitet brazilskih plantaža. Prema podacima iz 2005. godine najveća plantaža u Brazilu proizvede godišnje 328 milijuna litara etanola preradom šećerne trske, dok istovremeno najveća američka plantaža godišnje proizvede 416 miliona litara etanola preradom kukuruza.

Postoji više razloga zašto su razlike u kapacitetima kukuruznih te plantaža šećerne trske tako velike, a jedan od osnovnih je i to što znatan dio požetog kukuruza može biti uskladišten na duži period, dok šećerna trska mora biti obrađena u roku od 24 do 48 sati nakon žetve.

### **9.1.2. Biodizel**

Biodizel se proizvodi i koristi u brojnim zemljama diljem svijeta, te je najčešće korišteno biogorivo u Europskoj uniji ( EU je proizvela 2,8 milijardi galona biodizela u 2013. godini, što predstavlja 40% svjetske proizvodnje biodizela) s obzirom da su mnoge zemlje EU uvele direktive kojima se potiče upotreba biodizela ili drugih obnovljivih goriva u prometu, uz naglasak da su neke od zemalja oslabile svoje direktive u posljednjih nekoliko godina zbog zabrinutosti da uzgoj određenih sirovina potrebnih za proizvodnju biodizela potiče krčenje šuma.

Kao i u slučaju etanola, SAD predstavljaju najvećeg nacionalnog proizvođača biodizela u 2013. godini sa proizvodnjom od 1,4 milijardi galona biodizela, proizvedenog prvenstveno od soje, te su time zapravo premašile direktivu RFS-a (eng. Renewable Fuel Standard), a koja je zahtijevala uključivanje 1,28 milijardi galona biodizela na tržište dizel goriva u 2013.<sup>51</sup>

Pored SAD-a, u proizvodnji biodizela ističu se još Njemačka i Brazil, koji su svoju proizvodnju povećali za 16% odnosno 5% u 2013. godini, odnosno na ukupno 820 tj. 766 milijuna galona. Argentina je četvrti najveći proizvođač sa 608 milijuna galona, a iza nje se nalazi Francuska kao peti najveći svjetski proizvođač biodizela, ali sa planom smanjenja proizvodnih kvota u budućnosti.

---

<sup>51</sup> Dostupno na: <http://oilprice.com/Alternative-Energy/Biofuels/The-Global-Outlook-For-Biofuels.html>

Za razliku od većine velikih proizvođača biodizela koji uspiju i potrošiti ono što proizvedu, Kina s druge strane je značajan potrošač biodizela, ali većinu svojih potreba zadovoljava uvozom biodizela iz jugoistočne Azije poput Malezije i Indonezije.

### **9.1.3. Hidroobrađeno biljno ulje (eng. hydrotreated vegetable oil)**

Proizvodnja hidroobrađenog biljnog ulja u 2013. godini iznosila je tek 820 milijuna galona (2,7% globalne proizvodnje biogoriva), ali sa druge strane iste te godine proizvodnja bilježi i značajan rast od 16%. U 2013. godini najviše hidroobrađenog biljnog ulja proizvedeno je u Europi (475 milijuna galona), Singapuru (238 milijuna galona) te SAD-u (80 milijuna galona).

Područjem proizvodnje hidroobrađenog biljnog ulja dominira finski Neste Oil. Neste je počeo razvijati svoju tehnologiju hidrotretiranja pod nazivom NEXBTL još 2002. godine da bi u svibnju 2007. godine pokrenuo postrojenje na svojoj rafineriji Porvoo (Helsinki, Finska) s početnim kapacitetom od 55 milijuna litara godišnje, a koje kao sirovinu koristi uglavnom biljno ulje te životinjske masti. 2009. godine kapacitet rafinerije je udvostručen na 110 milijuna galona godišnje.<sup>52</sup>

U studenom 2010. godine Neste je pustio u pogon najveće postrojenje hidroobrađenog biljnog ulja na svijetu u Singapuru s kapacitetom od 245 milijuna galona godišnje, a 2011. je pustio u pogon još jednu rafineriju u Rotterdamu sa kapacitetom od 245 milijuna litara. Rafinerija u Rotterdam-u je najveća europska rafinerija obnovljivog dizela, koja zajedno sa postrojenjem u Singapuru predstavlja dvije najveće tvornice biogoriva bilo koje vrste na svijetu.

---

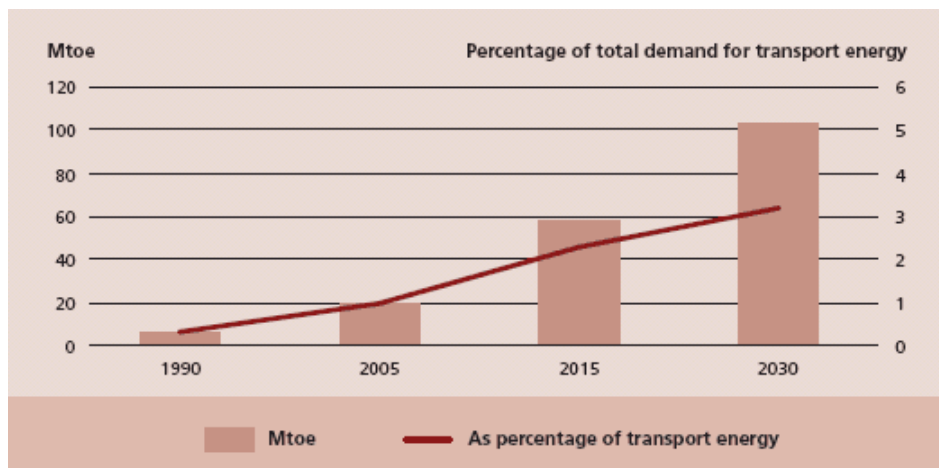
<sup>52</sup> Ibid.

#### 9.1.4. Projekcija proizvodnje biogoriva do 2030. godine

Gledano dugoročno, Međunarodna energetska agencija (IEA) predviđa značajno povećanje udjela tekućih biogoriva namijenjenih za prijevoz. Od 19 Mtoe u 2005. godini, proizvodnja biogoriva mogla bi narasti na 57 Mtoe u 2015. pa sve do 102 ili do čak 164 Mtoe 2030. godine, uz uvjet da se sve trenutačno zacrtane mjere i politike zaista i provedu. Ipak, čak i ovaj veliki porast predstavlja samo mali dio ukupnih potreba transportnog sektora za energijom u 2030. godini.<sup>53</sup>

Veća proizvodnja biogoriva može se ostvariti ili povećanjem obradivih površina namijenjenih proizvodnji sirovina za dobivanje biogoriva ili povećanjem prinosa. Prema projekcijama Međunarodne energetske agencije udio obradivih površina u svijetu, namijenjenih prvenstveno proizvodnji sirovina za biogoriva, mogao bi narasti sa 1% u 2004. godini na 2,5% u 2030. godini. Povrh toga, većom dostupnošću tehnologija za obradu biogoriva druge generacije, udio obradivih površina mogao bi doseći 4,2%. Glavnina spomenute povećane proizvodnje naći će svoje mjesto u zemljama EU-e, zatim SAD-a i Kanade, no valja imati na umu da ukoliko se pritom travnjaci i šume prenamjene u površine za uzgoj sirovina, to bi mogli uzrokovati negativne učinke na okoliš.

Slika 45. Projekcija rasta udjela biogoriva u ukupnoj potrošnji transportne energije

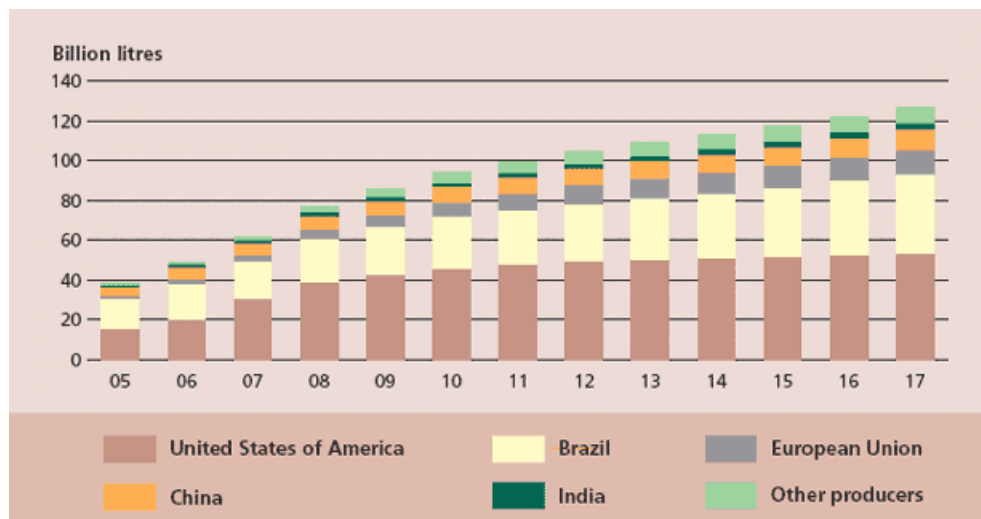


Gledano srednjoročno, u EU te u nekoliko drugih zemalja, očekuje se ubrzan rast proizvodnje bioetanola. Na osnovi sadašnjih vladinih politika, predviđa se udvostručenje proizvodnje bioetanola u svijetu između 2007. i 2017. godine, s tim da će i Brazil i SAD i dalje ostati najveći proizvođači, uz predviđeni snažan rast proizvodnje u Kini, Indiji, Tajland-u te u

<sup>53</sup> Dostupno na: <http://www.greenfacts.org/en/biofuels/1-3/3-markets-production-evolution.htm>

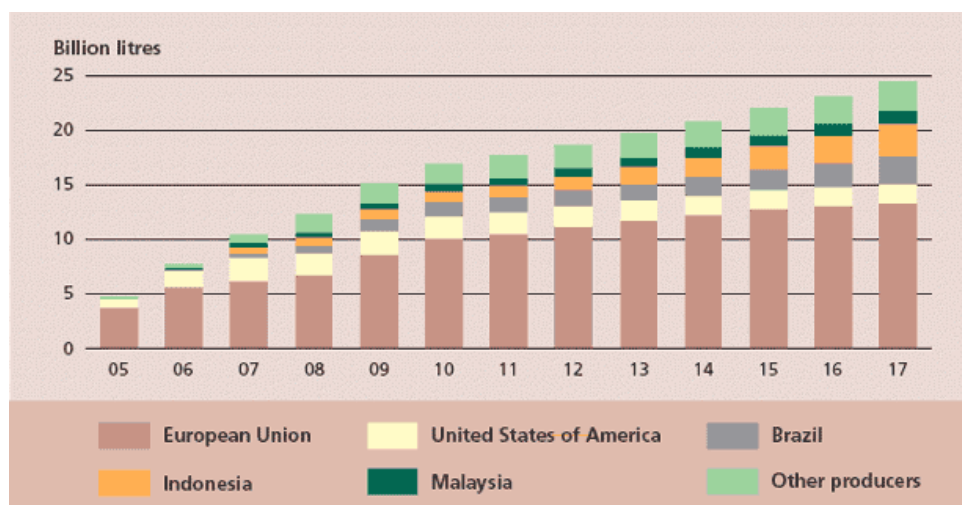
nekoliko afričkih zemalja. U EU, ukupno povećanje proizvodnje vjerojatno neće biti dovoljno da drži korak s rastućim zahtjevima, te se stoga predviđa povećani uvoz bioetanola.

Slika 46. Projekcija rasta proizvodnje bioetanola u svijetu po regijama



Globalnu proizvodnju biodizela obilježiti će rast čak i veći od rasta proizvodnje bioetanola, uz napomenu da će apsolutni volumen i dalje ostati daleko manji - oko 24 milijarde litara do 2017. Proizvodnjom biodizela dominirati će EU, koja će i dalje činiti oko polovine ukupne svjetske proizvodnje biodizela, a nakon koje slijedi SAD. Značajan rast proizvodnje biodizela predviđa se Brazilu čija proizvodnja je bazirana na soji te također Indoneziji i Maleziji čija je pak proizvodnja bazirana na palminom ulju.<sup>54</sup>

Slika 47. Projekcija rasta proizvodnje biodizela u svijetu po regijama

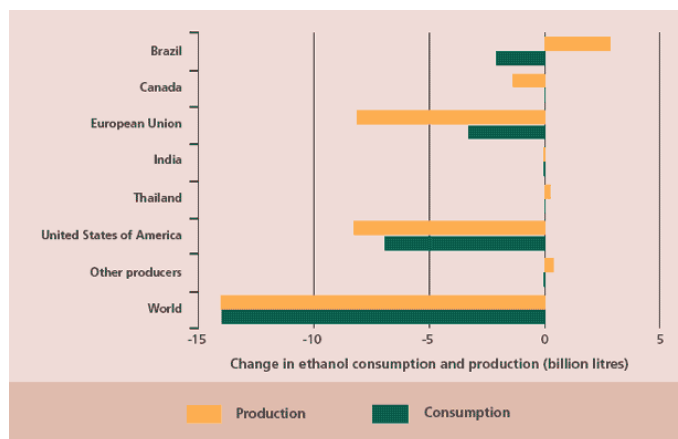


<sup>54</sup> Ibid.

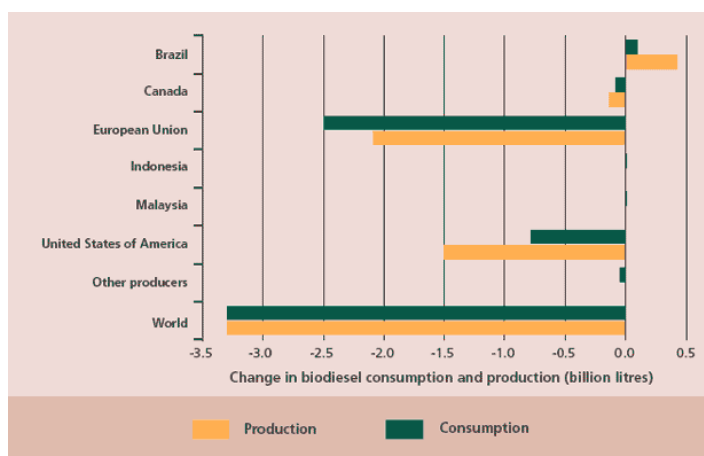
Sadašnji trendovi u proizvodnji, potrošnji te razmjeni biogoriva su pod snažnim utjecajem postojećih politika, posebice onih provedenih u EU i SAD-u, a koje promoviraju proizvodnju i potrošnju biogoriva dok istovremeno štite domaće proizvođače raznim trgovinskim ograničenjima.

U slučaju ukidanja svih trgovinskih barijera i poticaja, procijenjeno je da bi globalna proizvodnja i potrošnja etanola pala između 10 do 15%. Najveće smanjenje dogodilo bi se u EU, gdje su poticaji, izraženi po litri proizvedenog bioetanola, izrazito visoki, te u SAD-u, najvećem svjetskom proizvođaču etanola, dok bi uvoz značajno porastao na tržištima koja su trenutačno zaštićena. Istovremeno, globalni pad proizvodnje i potrošnje biodizela bio bi još i veći, krećući se između 15 i 20%.<sup>55</sup>

Slika 48. Promjena u proizvodnji i potrošnji etanola u slučaju ukidanja državnih potpora



Slika 49. Promjena u proizvodnji i potrošnji biodizela u slučaju ukidanja državnih potpora



<sup>55</sup> Ibid.



## 9.2. Proizvodnja biogoriva u Europi

Kada pak govorimo o proizvodnji biogoriva prvenstveno u Europi, valja spomenuti da je Europa inicijalno bila predvodnik u donošenju zakona kojima bi se potaknula proizvodnja i upotreba biogoriva, naročito biodizela. Iako potražnja i interes za bioetanolom postoji, Europa i dalje ustraje na uvozu etanola te na proizvodnji biodizela.<sup>56</sup>

Tabela 10. Proizvodnja biodizela u milijunima litara godišnje u zemljama članicama EU

Država	Proizvodnja (milijuna litara godišnje)
Njemačka	2,859
Francuska	2,206
Španjolska	967
Italija	830
Belgija	468
Poljska	374
Nizozemska	364
Austrija	349
Portugal	282
Finska	248
Češka Republika	185
Ujedinjeno Kraljevstvo	154
Danska	151
Mađarska	150
Slovačka	114
Švedska	112
Litva	110
Grčka	87
Latvija	50
Rumunjska	33
Bugarska	28
Estonija	27
Irska	19
Cipar	10
Slovenija	10
Malta	1
Luksemburg	0
Ukupno	10,187

<sup>56</sup> Dostupno na: <http://biofuel.org.uk/europe.html>

Osnovni razlog zbog kojeg je Njemačka lider u proizvodnji biodizela u Europi, te nadolazeća sila u proizvodnji bioetanola, krije se u snažnom opredjeljenju Njemačke vlade da poveća udio obnovljivih te zelenih izvora energije. Pored toga jedan dio razloga nalazi se u činjenici da Njemačka 90% svojih naftnih potreba riješava uvozom, te u postojećem globalnom zatopljenju.

Njemačka je isto tako ne tako davno razmotrila potpuno napuštanje programa prodaje biogoriva zbog činjenice da velike suše koje su nedavno pogodile najveće svjetske površine pod usjevima u SAD-u i Rusiji, su uzrokovale povećanje cijena hrane, što je za posljedicu imalo povećanu glad u siromašnijim područjima. Budući da i proizvodnja biogoriva također rezultira povećanjem cijena hrane, njemački ministar razvitka zahtijevao je kraj upotrebe biogoriva, što bi zahtijevalo potpunu reviziju EU politike u pogledu CO<sub>2</sub> emisija.<sup>57</sup>

Slično kao i u Njemačkoj, Francuska je nedavno zatražila obustavu programa proizvodnje biogoriva zbog fluktuacija cijena hrane. Do sada, Francuska je subvencionirala proizvodnju biogorivih usjeva, kao i istraživanje i razvoj biogoriva. Francuska je drugi najveći europski proizvođač biodizela sa planom uvođenja obavezne mješavine od 10% biogoriva u svim gorivima do 2020., no s obzirom na nedavne promjene u globalnim zalihama hrane, Francuska je ograničila ovaj udio na 7% do trenutka kada se dokaže da proizvodnja biogoriva i proizvodnja hrane nisu u kolozi.

---

<sup>57</sup> Ibid.

## 10. Potencijal proizvodnje biogoriva u Hrvatskoj

S obzirom da su zalihe nafte i plina u ograničenim količinama, oni postaju sve skuplji, a istovremeno sve se više ističe i njihov nepovoljan utjecaj na okoliš. Razvijene zemlje kako u svijetu tako i u Europskoj uniji (EU) mišljenja su da obnovljivi izvori energije (sunčeva energija, energija vjetra, hidroenergija, geotermalna energija te bionergija) bi trebali u određenoj mjeri zamijeniti energiju dobivenu iz fosilnih izvora (goriva). Budući da se u budućnosti očekuje značajnija primjena biogoriva, proces unaprijeđivanja proizvodnje se nastavlja kao i širenje upotrebe biogoriva. Međutim, zbog ograničenih postojećih površina za proizvodnju biomase, EU planira u prometu tijekom sljedećih godina (do 2030. godine), zamijeniti naftu biogorivima do 25 % njezine potrošnje.<sup>58</sup>

Hrvatsku krasi odlični uvjeti (pogodna klima, kvalitetno tlo, te tradicija u uzgoju poljoprivrednih i šumskih kultura, odnosno u proizvodnji biomase) potrebni za proizvodnju energije iz biomase, a bez da se pritom ugrožava proizvodnja hrane.

Gledano površinski, potencijal proizvodnje hrvatske poljoprivrede je daleko veći nego što je to slučaj sa proizvodnjom koju danas ostvaruju naša gospodarstva. Veliki dio površina uopće se ne koristi za uzgoj poljoprivrednih kultura što predstavlja značajnu mogućnost proširenja biljne proizvodnje. Povrh toga, primjenom naprednijih tehnologija postoji mogućnost povećanja proizvodnje čak i na postojećim obradivim površinama. Naime, tehnologije koje se u ovom trenutku primjenjuju kod nas za poljoprivrednu proizvodnju nalaze se na nižoj razini u usporedbi sa tehnologijama koje se primjenjuju u zemljama sa razvijenom poljoprivredom, što također predstavlja potencijal za unaprijeđenje kroz niže troškove te veće prinose.

Od sveukupne kontinentalne površine Hrvatske (5,662.031 ha) poljoprivredne površine zauzimaju 2,955.728 ha ili 52,2 % dok od možebitno obradivih površina (2.150.000 ha) obrađuje se tek 55,9 % ili 1,202.000 ha. Oduzmu li se od te površine pašnjaci, dolazimo do činjenice da danas obrađene površine čine tek 50,8 % ili 1,092.000 ha. Sukladno tome, da se naslutiti da Hrvatska raspolaže sa čak 947.080 ha na kojima je moguće uz primjenu manje ili

---

<sup>58</sup> Tomić, F., Krička, T., Matić, S. (2008) Raspoložive poljoprivredne površine i mogućnosti šuma za proizvodnju biogoriva u Hrvatskoj. *Šumarski list*, 132 (7-8). Dostupno na: [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=41673](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=41673)

više intenzivnih melioracijskih mjera ostvariti uzgoj poljoprivrednih kultura bilo za proizvodnju hrane ili za proizvodnju biogoriva.

Trajno nepogodne površine za poljoprivrednu proizvodnju obuhvaćaju 806.328 ha. Iako nepogodne za uzgoj poljoprivrednih kultura, mogu se koristiti za uzgoj šumskih kultura gdje se drvo proizvodi kako za industriju tako i za bioenergiju.

Tabela 11. Struktura ukupnih površina Hrvatske:

Površine	ha	%
Ukupne površine	5,662.031	100,00
Poljoprivredne površine	2,955.728	52,20
Šumske površine	2,586.294	45,68
Površine pod vodom	64.391	1,14
Površine naselja	55.618	0,98

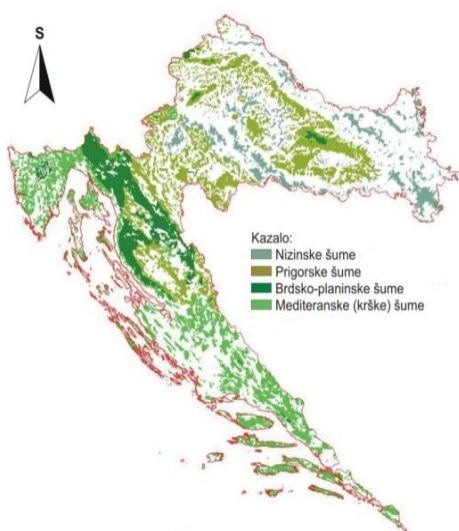
Prema trenutačnoj poljoprivrednoj proizvodnji, može se iz biomase (organskih ostataka i otpadaka) generirati 673.530 t/godišnje biogoriva ekvivalentne vrijednosti nafte, a da se pritom ne ugrozi stalnost prirodnog obnavljanja organske tvari u tlu.

Hrvatska isto tako raspolaže i sa 2,688.687 ha šuma i šumskog zemljišta, u kojima se nalazi 397,963.000 m<sup>3</sup> drvene zalihe koja godišnje prirađuje 10,526.000 m<sup>3</sup>. Godišnja sječa ili sječivi etat je 6,564.000 m<sup>3</sup> bruto volumena. Od ukupnog godišnjeg etata iskoristi se 40 % ili 2,625.600 m<sup>3</sup> drva za preradu 20 % ili 1,312.800 m<sup>3</sup> ogrjevnog drva za energiju, a ostatak od 40 % ili 2,625.000 m<sup>3</sup> ostaje kao otpad u šumi. Od navedenog današnjeg otpada, moglo bi se 62,5 % ili 1,641.000 m<sup>3</sup> koristiti za proizvodnju bioenergije, a 37 % ili 984.000 m<sup>3</sup> bi ostajalo u šumi kao otpad. Ako toj količini koja je pogodna za bioenergiju pridružimo količinu od 1,312.800 m<sup>3</sup> ogrjevnog drveta, dobijemo ukupnu količinu drva za energiju, koja bi već danas mogla doći na energetska tržišta u iznosu od 2,953.800 m<sup>3</sup>, što je 45 % od ukupnog godišnjeg etata. Od te količine može se dobiti 600.000 t/godišnje biogoriva ekvivalentne vrijednosti nafte.<sup>59</sup>

---

<sup>59</sup> Ibid.

Slika 50. Struktura šuma u Hrvatskoj



Iz svega navedenog proizlazi da se danas u Hrvatskoj, koristeći postojeće zalihe u poljoprivredi i šumarstvu, može proizvesti 1,273.530 t/godišnje biogoriva. Taj iznos premašuje za 2,8 puta potrebnu količinu (452.325 t) koju će Hrvatska na temelju direktive EU iz 2003. koristiti 2030. godine u prometu umjesto fosilnih goriva.

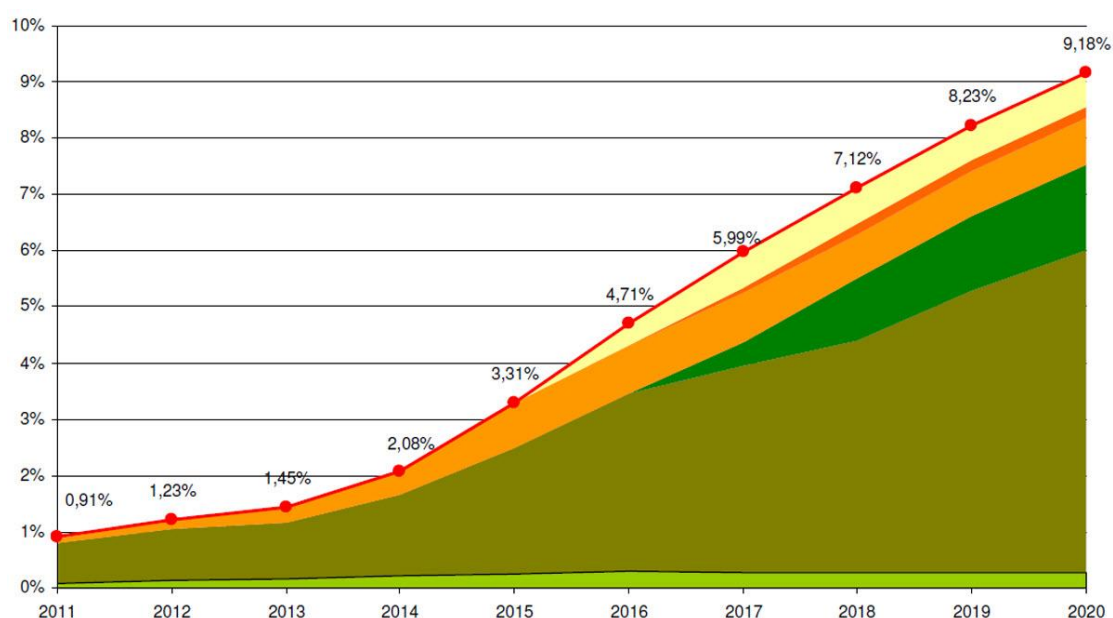
Prema Nacionalnom planu stavljanja biogoriva na tržište definiran je udio od 9,18 posto biogoriva u ukupnoj potrošnji energije u prijevozu 2020. godine, dok će udio električne energije iz obnovljivih izvora iznositi 0,82 posto.<sup>60</sup>

Predviđeni udjeli pojedinih vrsta biogoriva u ukupnoj potrošnji energije u prijevozu do 2020. godine vidljivi su na slici ispod, uz napomenu da se tek od 2016. godine predviđa uvođenje bioplina (stlačenog biometana) kao pogonskog goriva.

<sup>60</sup> Dostupno na: [http://www.mingo.hr/userdocsimages/energetika/Nacionalni akcijski plan poticanja proizvodnje i korištenja biogoriva u prijevozu za razdoblje 2011.-2020.pdf](http://www.mingo.hr/userdocsimages/energetika/Nacionalni_aksijski_plan_poticanja_proizvodnje_i_koristenja_biogoriva_u_prijevozu_za_razdoblje_2011.-2020.pdf)

Slika 51. Nacionalni plan plasiranja biogoriva na tržište do 2020. godine s pretpostavljenim udjelima pojedine vrste biogoriva (%)

Godina	Udio biogoriva	Sastav biogoriva					
		Biodizel - UR	Biodizel - OJU	Biodizel II gen	Bioetanol	Bioetanol II gen	Bioplin
		%					
2011.	0,91	0,72	0,09	0,00	0,08	0,00	0,00
2012.	1,23	0,91	0,13	0,00	0,18	0,00	0,00
2013.	1,45	0,98	0,18	0,00	0,29	0,00	0,00
2014.	2,08	1,45	0,22	0,00	0,42	0,00	0,00
2015.	3,31	2,23	0,25	0,00	0,83	0,00	0,00
2016.	4,71	3,17	0,29	0,00	0,86	0,00	0,39
2017.	5,99	3,66	0,29	0,44	0,87	0,10	0,63
2018.	7,12	4,13	0,28	1,10	0,78	0,19	0,63
2019.	8,23	5,02	0,28	1,32	0,79	0,20	0,62
2020.	9,18	5,74	0,28	1,51	0,82	0,21	0,62



Uzmemo li u obzir postojeće proizvodne kapacitete u Hrvatskoj te raspoložive sirovine za proizvodnju biogoriva, već sada možemo pretpostaviti da će se do 2020. godine primjena biogoriva oslanjati u najvećem dijelu na biodizel, bioetanol i bioplin.

Isto tako da se zaključiti da će tijekom sljedećih godina proizvodnja biodizela počivati primarno na uljaricama i otpadnom jestivom ulju, a bioetanol na usjevima kukuruza i šećerne repe. Biogoriva tzv. „druge generacije“ (biodizel i bioetanol čija proizvodnja se temelji na lignoceluloznim sirovinama) očekuje se na hrvatskom tržištu tek od 2017. godine zbog vremena potrebnog za komercijalizaciju tehnologija korištenih za proizvodnju istih.<sup>61</sup>

<sup>61</sup> Ibid.

Gledajući raspoložive sirovine za proizvodnju biogoriva i postojeću poljoprivrednu praksu, neminovno je da je neophodno diversificirati sirovine koje se koriste za proizvodnju biodizela, jer u slučaju da uljana repica ostane jedina sirovina za proizvodnju biodizela, kako bi ispunili Nacionalni cilj stavljanja biogoriva na tržište, odnosno kako bi zadovoljili predviđene potrebe za biodizelom iz vlastitih izvora, postojeću proizvodnju uljane repice potrebno bi bilo povećati 7 do 8 puta.

Istovremeno, u razdoblju od 2016. do 2020. godine uz poticanje tehničkog razvoja kako bi se omogućila šira primjena bioetanola i bioplina u prijevozu, očekuje se maksimalno iskorištavanje potencijala proizvodnje biodizela iz otpadnog jestivog ulja kao sirovine te bioplina proizvedenog u pročištačima otpadnih voda kao i na uvođenje druge generacije biogoriva na tržište.

Biogoriva II. generacije (proizvedena iz lignoceluloznih sirovina) imaju prednost pred biogorivima I. generacije (proizvedena iz poljoprivrednih sirovina) zbog činjenice da:

1. ne predstavljaju konkurenciju proizvodnji hrane, jer se može koristiti široki raspon lignoceluloznih sirovina
2. tijekom svojeg životnog ciklusa emitiraju značajno manje emisija stakleničkih plinova u usporedbi sa biogorivima I. generacije

Strategijom energetskega razvoja Republike Hrvatske zadan je cilj da se u 2020. godini upotrebljava oko 26 PJ energije iz biomase, međutim, ova strategija ne definira ciljeve upotrebe biogoriva II. generacije, iz razloga što su tehnologije proizvodnje ove generacije biogoriva još uvijek u fazi istraživanja i razvoja, ali prema većini studija, raspolažu sa ogromnim potencijalom.

Što se tiče otpadnog ulja, dosadašnja istraživanja pokazuju da je samo na području grada Zagreba moguće sakupiti 1 milijun litara otpadnog jestivog ulja godišnje. Pored toga, istraživanja su pokazala da prosječni stanovnik Hrvatske godišnje generira oko 2 litre otpadnog jestivog ulja, te da je sustav sakupljanja otpadnog jestivog ulja ekonomski i tehnički efikasniji u urbanim sredinama. Imajući to na umu, uzmemo li u obzir samo gradove sa više od 20.000 stanovnika u kojima je nastanjeno oko 2,2 milijuna stanovnika, dolazimo do brojke

od oko 4,4 milijuna litara otpadnog jestivog ulja godišnje, iz čega je moguće proizvesti oko 3.800 tona biodizela.<sup>62</sup>

Kada govorimo o potencijalu biorazgradivog dijela komunalnog otpada, mulja iz postrojenja za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda te otpada i ostataka iz poljoprivrede koji mogu biti korišteni za proizvodnju bioplina, valja naglasiti da on do sad nije posebno procjenjivan. Troškovi proizvodnje bioplina iz tih izvora su u ovom trenutku previsoki, no budući da je izgradnja postrojenja za proizvodnju bioplina uglavnom potaknuta ekološkim razlozima, proizvodnja bioplina može pridonijeti smanjenju troškova upravljanja otpadom, a ujedno i ispunjenju nacionalnog cilja stavljanja biogoriva na tržište.

Kako bi se energetske strategije ispunili već nekoliko puta postavljeni ciljevi, a da pritom vlastitom proizvodnjom poljoprivrednih prehrambenih kultura zadovoljimo količine potrebne za zadane norme proizvodnje biogoriva te da se istovremeno namire prehrambene potrebe stanovništva, nužno je povećati proizvodnju zrna osnovnih poljoprivrednih kultura ili povećanjem sjetvenih površina koje se do sada nisu koristile u proizvodnji ili intenziviranjem proizvodnje na aktualnim i novim sjetvenim površinama.

Prosječna površina pod niže prikazanim kulturama u periodu od 1997. do 2007. godine iznosila je oko 681.500 ha, no zbog niskih prinosa one nisu zadovoljavale čak niti potrebe za hranom te tako niti potrebe za strateškom rezervom. Izuzetak predstavlja kukuruz čiji su prinosi znali varirati tako da bi se u "dobrim" godinama javljali viškovi zbog čega bi dolazilo da drastičnih padova cijena te posljedično smanjenja zasijanih površina, te bi se razlika u idućoj godini morala namirivati uvozom.

Prema rezultatima istraživanja, uz intenzivnu primjenu suvremene agrotehnike te organiziranom proizvodnjom, moguće je ostvariti prinos zrna kukuruza od 8 t/ha, pšenice od 5,5 t/ha, ječma od 4,5 t/ha, uljane repice od 3,5 t/ha i soje od 2,8 t/ha.

---

<sup>62</sup> Ibid.



Slika 52. Mogućnosti proizvodnje biogoriva iz prehrambenih sirovina

		Kukuruz	Pšenica	Ječam	Uljana repica	Soja	Ukupno
<b>Hrana i rezerve</b>							
Količina potrebna za hranu i rezerve	t	2.600.000	1.000.000	250.000	22.000	220.000	4.092.000
Prinos po hektaru	t/ha	8	5,5	4,5	3,5	2,8	
Površina za proizvodnju hrane i rezerva	ha	325.000	182.000	56.000	6.300	79.000	648.300
<b>Biogoriva</b>							
Potrebna količina biogoriva	t	102.000	0	0	148.000	0	250.000
Količina sirovine za proizvodnju biogoriva	t/t	3,3	0	0	3	0	
Površina za proizvodnju biogoriva	ha	42.075	0	0	126.857	0	168.932
Ukupna potrebna površina	ha	367.075	182.000	56.000	133.157	79.000	817.232

Da bi se uistinu i ostvarili definirani ciljevi potrebno je dugoročno ulaganje u poljoprivrednu proizvodnju, te okrupnjavanje poljoprivrednih gospodarstava i arondacija proizvodnih površina bilo na račun promjene vlasništva ili najma privatnog poljoprivrednog zemljišta.

Poljoprivredne površine koje se nalaze u državnom vlasništvu potrebno je staviti u funkciju putem koncesija. Time bi se ostvarili uvjeti za provođenje mjera za održavanje i popravak plodnosti tla, te bi se stvorili i uvjeti za dugoročnu veću i stabilniju proizvodnju svih potrebnih ratarskih kultura.

### **10.1. Postrojenja za proizvodnju biogoriva u Republici Hrvatskoj**

Republika Hrvatska trenutačno raspolaže sa tri postrojenja za proizvodnju biogoriva sa ukupnim kapacitetom od oko 70.000 tona biodizela godišnje. Dva pogona kao osnovu za proizvodnju biodizela koriste ulje uljarica, dok jedan pogon koristi otpadno jestivo ulje, no zbog problema u nabavi valja naglasiti da niti jedna desetina pretpostavljenog proizvodnog kapaciteta ovog pogona nije iskorištena.<sup>63</sup>

Što se tiče bioetanola, njegova proizvodnja namijenjena korištenju u prijevozu u Hrvatskoj za sada ne postoji, no uz relativno male troškove, etilni alkohol tj. bioetanol koji se sada proizvodi u šećeranama, za potrebe prehrambene industrije, moguće je preraditi u biogorivo.

Proizvodnja bioetanola iz kukuruza, žitarice koja se u Hrvatskoj tradicionalno uzgaja, je troškovno najpovoljnija no još uvijek nije komercijalno realizirana zbog male potražnje za bioetanolom na hrvatskom tržištu.

Da bi se ostvario ciljani udio biogoriva iz domaće proizvodnje, nužno je izgraditi nove proizvodne kapacitete koji bi u slučaju biogoriva I. generacije, trebala pratiti povećanje proizvodnje sirovina, odnosno potrebno je investirati u nove tehnologije koje će iskorištavati postojeći potencijal (bioplin) te u istraživanje i razvoj tehnologija proizvodnje biogoriva II. generacije.

---

<sup>63</sup> Dostupno na: <http://www.sumari.hr/biomasa/petidanibiomase/izlaganja.htm>

### 10.1.1. Postrojenja u pogonu

- Biodizel Vukovar d.o.o. – tvornica biodizela u Vukovaru; kapacitet 35.000 t/god.; proizvodi biodizel iz ulja uljane repice

Slika 53. Tvornica biodizela u Vukovaru



- Biotron d.o.o., nakadašnji Modibit d.o.o. – tvornica biodizela u Oslju; kapacitet 20.000 t/god.; proizvodi biodizel iz ulja uljane repice

Slika 54. Tvornica biodizela u Oslju



- Vitrex d.o.o. - postrojenje za proizvodnju biodizela u Virovitici; kapacitet 6.000 t/god.; proizvodi biodizel iz otpadnog ulja

Slika 55. Postrojenje za proizvodnju biodizela u Virovitici



### 10.1.2. Postrojenja u fazi planiranja

- OGV Varaždin (bivša tvornica šećera Kamix) – tvornica biodizela u Varaždinu; planirani kapacitet 20.000 t/god.
- BIONA Koprivnica (bivša tvornica kvasca) – tvornica biodizela u Koprivnici; planirani kapacitet 100.000 t/god.

Slika 56. Planirana tvornica biodizela u Koprivnici



- INGRA Slavonski Brod – tvornica biodizela u Slavonskom Brodu; planirani kapacitet 150.000 t/god.
- KEPOL terminal Gaženica – tvornica biodizela u Zadru; planirani kapacitet 60.000 t/god.
- Etanol Osijek – tvornica bioetanola u Osijeku; planirani kapacitet 145.000 t/god. u prvoj fazi; mogućnost proširenja za još 205.000 t/god. u drugoj fazi

Slika 57. Planirana tvornica bioetanola u Osijeku



## 11. Zaključak

U trenutcima kada su klimatske promjene izazvane djelovanjem čovjeka sve očitije, biogoriva kao alternativni izvori energije koji svojim djelovanjem mogu smanjiti negativne utjecaje čovjeka na klimu, sve više dolaze u centar pažnje.

Dva danas najviše korištena biogoriva u prometu, bioetanol i biodizel, dokazano utječu na smanjenje emisija ispušnih plinova ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$  i  $\text{HC}$ ) motora s unutrašnjim izgaranjem, a da su pritom razlike u snazi i okretnom momentu u usporedbi s konvencionalnim (fosilnim) gorivima gotovo neznatne.

Da bi se ocijenio utjecaj biogoriva na globalnu klimu, mora se promatrati cjelokupni životni ciklus te pripadajuće emisije, od emisija tijekom obrade tla i uzgoja sirovina, emisija ispuštenih tijekom rafiniranja biogoriva pa sve do zadnjeg koraka u lancu, samog izgaranja biogoriva u motorima s unutrašnjim izgaranjem.

Hrvatska kao članica EU mora do 2030. godine proizvoditi otprilike četvrtinu transportnih goriva korištenjem bioenergetskih usjeva. Prostora za to ima imajući na umu činjenicu da u Hrvatskoj tek polovina od moguće obradivih poljoprivrednih površina opravdava svoju ulogu. Isto tako šuma te šumski ostaci predstavljaju izvor biomase koja ne smije proći neiskorišteno.

Uza sve pozitivne učinke koje primjena biogoriva donosi, a pogotovo one sa ekološkoga stajališta, treba biti realan i sagledati i one negativne strane te priznati da niti biogoriva nisu savršenstvo čiju upotrebu treba nametati pod svaku cijenu, jer proizvodnja biogoriva direktno iz poljoprivrednih kultura je zapravo pretvaranje hrane u gorivo što naravno utječe na povećanje cijena hrane, a to u svijetu gdje 850 milijuna ljudi svakodnevno gladije nikako nije dobro. Upravo zato, kako bi proizvodnju biogoriva učinili održivom, moramo pronaći ravnotežu između potreba za proizvodnjom biogoriva i proizvodnjom hrane, a da pritom izbjegnemo daljnje štetno djelovanje na okoliš.

S obzirom da su količine fosilnih goriva ograničene, u onome trenutku kada dođe do njihovoga nestanka, moramo biti spremni na korištenje alternativnih izvora energije. Biogoriva zajedno sa primjenom hibridnih i električnih vozila mogu smanjiti ovisnost o uvezenoj nafti, potaknuti energetska neovisnost, pokrenuti gospodarski rast te smanjiti emisije stakleničkih plinova, što dovodi do zaključka da će njihov razvoj u budućnosti biti od iznimne važnosti.

# LITERATURA

1. Biofuel.org.uk. Dostupno na: <http://biofuel.org.uk>
2. Biodiesel handling and use guide. Dostupno na: <http://www.biodiesel.org/docs/using-hotline/nrel-handling-and-use.pdf?sfvrsn=4>
3. Biofuel. Dostupno na: <http://en.wikipedia.org/wiki/Biofuel>
4. Brajdić, S., Fićor, S. (2011) *Korištenje biogoriva u kopnenom prometu (osobito u RH) – stanje i perspektiva*. Seminarski rad. Rijeka: Veleučilište u Rijeci - prometni odjel.
5. Ćosić, B. (2008) *Analiza potencijala izgradnje energetskih postrojenja loženih različitim tipovima biomase u Hrvatskoj i odabir lokacija*. Diplomski rad. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje.
6. Dževad, B., Filipović, I., Hribernik, A., Kegl, B. (2007) Utjecaj alternativnih goriva na pokazatelje izgaranja kod dizelovih motora. *Goriva i maziva*, 46 (3). Dostupno na: [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=20884](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=20884)
7. Dževad, B., Filipović, I., Kegl, B., Pikula, B. (2011) Utjecaj biogoriva na performance dizelovog motora. *Goriva i maziva*, 50 (4). Dostupno na: [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=111796](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=111796)
8. Dževad, B., Filipović, I., Pikula, B. (2009) Utjecaj biogoriva na sastav ispušnih plinova dizelovih motora. *Goriva i maziva*, 48 (3). Dostupno na: [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=67742](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=67742)
9. Brozović, I., Regent, A., Grgurević, M. (2014) Emisije stakleničkih plinova, osobito iz prometa. *Zbornik Veleučilišta u Rijeci*, 2 (1). Dostupno na: [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=190402](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=190402)
10. European Biofuels. Dostupno na: <http://www.biofuelstp.eu/index.html>
11. Fulton, L. (2004) *Biofuels for transport : an international perspective*. Paris: International Energy Agency.
12. Granić, G., ur. (1998) *Program korištenja energije biomase i otpada: Prethodni rezultati i buduće aktivnosti*. Zagreb: Energetski institut „Hrvoje Požar“.
13. GreenFacts. Dostupno na: <http://www.greenfacts.org/en/index.htm>
14. Izvori energije. Dostupno na: <http://www.izvorienergije.com/>
15. Joksimović, V., Stevanović, M., Marjanović, Z. (2008) Biogoriva - prednosti i nedostaci upotrebe. Kragujevac. Dostupno na: <http://cqm.rs/2008/pdf/3/10.pdf>
16. Krička, T. (2014) *Potencijal proizvodnje biomase i bioenergije iz poljoprivrede u Hrvatskoj*. Zagreb: Agronomski fakultet.

17. Kurevija, T. (2007) Negativni ekološki učinci globalne proizvodnje biodizelskog goriva. *Goriva maziva*, 46 (2). Dostupno na: [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=18928](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=18928)
18. Nacionalni akcijski plan poticanja proizvodnje i korištenja biogoriva u prijevozu za razdoblje 2011. – 2020. Dostupno na: [http://www.mingo.hr/userdocsimages/energetika/Nacionalni akcijski plan poticanja proizvodnje i korištenja biogoriva u prijevozu za razdoblje 2011.-2020.pdf](http://www.mingo.hr/userdocsimages/energetika/Nacionalni_akcijski_plan_poticanja_proizvodnje_i_korištenja_biogoriva_u_prijevozu_za_razdoblje_2011.-2020.pdf)
19. OilPrice.com. Dostupno na: <http://oilprice.com/>
20. Performance and Emission Characteristics of Spark Ignition Engine Fuelled with Ethanol and Methanol Gasoline Blended Fuels. Dostupno na: <http://www.intechopen.com/books/alternative-fuel/performance-and-emission-characteristics-of-spark-ignition-engine-fuelled-with-ethanol-and-methanol>
21. Postrojenja za proizvodnju biogoriva. Dostupno na: <http://www.sumari.hr/biomasa/petidanibiomase/izlaganja.htm>
22. Rozman, V., Kiš, D., Kralik, D. (2009) Gorivo iz poljoprivrednih proizvoda za i protiv. Osijek: Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
23. Rujnić-Sokele, M. (2011) Jesu li biogoriva dobra ili loša za okoliš. *Polimeri: časopis za plastiku i gumu*, 32 (1). Dostupno na: [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=101720](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=101720)
24. Šimić, D. (2010) Korištenje energije biomase za proizvodnju el. energije (topline i goriva). Zagreb: Fakultet elektrotehnike i računarstva. Dostupno na: <http://oie.mingorp.hr/UserDocsImages/Biomasa%20prezentacija.pdf>
25. Šljivac, D., Šimić, Z. (2009) Obnovljivi izvori energije: Najvažnije vrste, potencijal i tehnologija.
26. The Worldwatch Institute. (2007) Biofuels For Transport: Global Potential And Implications For Sustainable Energy And Agriculture. London.
27. Tomić, F., Krička, T., Matić, S. (2008) Raspoložive poljoprivredne površine i mogućnosti šuma za proizvodnju biogoriva u Hrvatskoj. *Šumarski list*, 132 (7-8). Dostupno na: [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=41673](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=41673)
28. Vinčić, S., Špalj, N., Supićić, M. (2011) *Biogoriva*. Seminarski rad. Rijeka: Pomorski fakultet u Rijeci.
29. Virkes, T. (2007) *Biodizel u prometu kao čimbenik održivog razvoja u Republici Hrvatskoj*. Magistarski rad. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje.

## POPIS TABLICA

Tabela 1. Prva generacija biogoriva: .....	6
Tabela 2. Prinos etanola iz raznih sirovina .....	11
Tabela 3. Biogoriva druge generacije: .....	12
Tabela 4. Smjernice implementacije uporabe alternativnih goriva u EU: .....	17
Tabela 5. Karakteristike dizela i biodizela: .....	22
Tabela 6. Karakteristike motora na kojem su vršena ispitivanja .....	22
Tabela 7. Karakteristike različitih etanol odnosno metanol mješavina sa benzinom .....	30
Tabela 8. Koncentracija važnijih stakleničkih plinova u troposferi 1750. g. i 2012. g. ....	41
Tabela 9. Stvarni doprinos pojedinih plinova stakleničkom učinku - kao rezultat ljudskih djelatnosti – prema različitim područjima svijeta .....	41
Tabela 10. Proizvodnja biodizela u milijunima litara godišnje u zemljama članicama EU .....	66
Tabela 11. Struktura ukupnih površina Hrvatske: .....	69

## POPIS SLIKA

Slika 1. Biomasa i okoliš.....	1
Slika 2. Udio biomase u globalnoj potrošnji energije u 2013. godini.....	3
Slika 3. Potencijal bioenergije u Hrvatskoj po regijama.....	3
Slika 4. Porijeklo biomase korištene kao izvor energije .....	4
Slika 5. Procesi pretvorbe biomase .....	5
Slika 6. Proces esterifikacije .....	7
Slika 7. Sirovine najčešće korištene za proizvodnju biodizela u Europi.....	7
Slika 8. Uzgoj algi na otvorenome .....	15
Slika 9. Uzgoj algi u zatvorenim sustavima (fotobioreaktori) .....	16
Slika 10. Udio transporta u ukupnoj potrošnji energije EU u 2011. godini .....	18
Slika 11. Potrošnja energije u EU u ovisnosti od vrste prometa.....	19
Slika 12. Udio vrste prometa u ukupnoj potrošnji energije prometnog sektora u svijetu .....	19
Slika 13. Projekcija rasta osobnog prometa po regijama svijeta .....	20
Slika 14. Performance motora s kutom ubrizgavanja od 23° KV prije GMT.....	23
Slika 15. Performance motora s kutom ubrizgavanja od 21° KV prije GMT.....	23
Slika 16. Performance motora pri korištenju dizelskog goriva s kutom ubrizgavanja od 21° i 23° KV prije GMT .....	24



Slika 17. Performance motora pri korištenju biodizelskog goriva s kutom ubrizgavanja od 21° i 23° KV prije GMT .....	24
Slika 18. Promjena u emisijama u ovisnosti o omjeru biodizela u gorivu.....	25
Slika 19. Performance motora za dizel i biodizel-dizel mješavine pri optimalnim kutovima ubrizgavanja.....	26
Slika 20. NOx emisije za dizel i biodizel-dizel mješavine pri optimalnim kutovima ubrizgavanja.....	27
Slika 21. CO emisije za dizel i biodizel-dizel mješavine pri optimalnim kutovima ubrizgavanja.....	27
Slika 22. HC emisije za dizel i biodizel-dizel mješavine pri optimalnim kutovima ubrizgavanja.....	28
Slika 23. Promjena emisija NOx u ovisnosti o izvoru sirovine i postotku biodizela u gorivu	29
Slika 24. Promjena emisija čestica u ovisnosti o izvoru sirovine i postotku biodizela u gorivu .....	29
Slika 25. Promjena emisija CO u ovisnosti o izvoru sirovine i postotku biodizela u gorivu...	29
Slika 26. Shematski prikaz ispitnog postolja; (1) Motor, (2) Dinamometar, (3) Osovina, (4) Zamašnjak, (5) Ispušna cijev, (6) Kontrolna jedinica dinamometra, (7) Analizator plina, (8) Sustav za mjerenje goriva .....	30
Slika 27. Eksperimentalni rezultati karakteristika učinkovitosti motora koristeći različite etanol-benzin mješavine pri različitim brzinama vrtnje motora. (a) Efektiva snaga, b) Efektivni moment, i (c) Specifična efektivna potrošnja goriva .....	32
Slika 28. Eksperimentalni rezultati karakteristika učinkovitosti motora koristeći različite metanol-benzin mješavine pri različitim brzinama vrtnje motora. (a) Efektiva snaga, b) Efektivni moment, i (c) Specifična efektivna potrošnja goriva .....	33
Slika 29. Utjecaj dodavanja etanola na karakteristike učinkovitosti motora. (a) Efektiva snaga, b) Efektivni moment, i (c) Specifična efektivna potrošnja goriva .....	34
Slika 30. Utjecaj dodavanja metanola na karakteristike učinkovitosti motora. (a) Efektiva snaga, b) Efektivni moment, i (c) Specifična efektivna potrošnja goriva.....	35
Slika 31. Usporedba efektivne snage (BP) koristeći različite etanol odnosno metanol – benzin mješavine goriva. ....	36
Slika 32. Usporedba specifične efektivne potrošnje goriva (BSFC) koristeći različite etanol odnosno metanol – benzin mješavine goriva. ....	37

Slika 33. Utjecaj različitih etanol odnosno metanol - benzin mješavina goriva na CO, CO <sub>2</sub> , HC i NO <sub>x</sub> emisije.....	39
Slika 34. Emisije ugljikovog dioksida od 1900. do 2007. g. uzrokovane izgaranjem fosilnih goriva .....	42
Slika 35. Životni ciklus fosilnih goriva.....	44
Slika 36. Životni ciklus biogoriva .....	44
Slika 37. Dijagram ugljikovog ciklusa.....	45
Slika 38. Sekvestracija ugljika u šumama.....	47
Slika 39. Prikaz površine koja bi bila potrebna kako bi se ostvario cilj supstitucije dijela fosilnog dizela biodizelom.....	49
Slika 40. Prikaz uništavanja Indonezijskih prašuma zbog proizvodnje palminog ulja .....	49
Slika 41. Prinosi biogoriva po hektaru zavisno od odabira usjeva .....	53
Slika 42. Smanjenje emisija stakleničkih plinova u odnosu na fosilna goriva.....	54
Slika 43. Ekološka prihvatljivost biogoriva.....	58
Slika 44. Kemijska formula izgaranja etanola, butanola i biodizela .....	58
Slika 45. Projekcija rasta udjela biogoriva u ukupnoj potrošnji transportne energije.....	63
Slika 46. Projekcija rasta proizvodnje bioetanola u svijetu po regijama.....	64
Slika 47. Projekcija rasta proizvodnje biodizela u svijetu po regijama.....	64
Slika 48. Promjena u proizvodnji i potrošnji etanola u slučaju ukidanja državnih potpora .....	65
Slika 49. Promjena u proizvodnji i potrošnji biodizela u slučaju ukidanja državnih potpora..	65
Slika 50. Struktura šuma u Hrvatskoj.....	70
Slika 51. Nacionalni plan plasiranja biogoriva na tržište do 2020. godine s pretpostavljenim udjelima pojedine vrste biogoriva (%).....	71
Slika 52. Mogućnosti proizvodnje biogoriva iz prehrambenih sirovina .....	74
Slika 53. Tvornica biodizela u Vukovaru.....	76
Slika 54. Tvornica biodizela u Ozlju .....	76
Slika 55. Postrojenje za proizvodnju biodizela u Virovitici .....	76
Slika 56. Planirana tvornica biodizela u Koprivnici .....	77
Slika 57. Planirana tvornica bioetanola u Osijeku.....	77